

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CRISTIANE BOSCARO MARSARO

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA RELATIVA ENTRE TRÊS CONFIGURAÇÕES DE
PARCELA DE ÁREA FIXA EM INVENTÁRIO DO POTENCIAL MADEIREIRO NA
FLORESTA TROPICAL AMAZÔNICA**



CURITIBA

2016

CRISTIANE BOSCARO MARSARO

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA RELATIVA ENTRE TRÊS CONFIGURAÇÕES DE
PARCELA DE ÁREA FIXA EM INVENTÁRIO DO POTENCIAL MADEIREIRO NA
FLORESTA TROPICAL AMAZÔNICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Área de Concentração em Manejo Florestal, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Yoshihiro Nakajima

Co-orientadores: Profa. Dra. Lia de Oliveira Melo
Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado

CURITIBA

2016

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Marsaro, Cristiane Boscaro

Análise da eficiência relativa entre três configurações de parcela de área fixa em inventário do potencial madeireiro na floresta tropical amazônica / Cristiane Boscaro Marsaro. – Curitiba, 2016.

103 f. : il.

Orientadora: Prof. Dr. Nelson Yoshihiro Nakajima

Coorientadores: Profa. Dra. Lia de Oliveira Melo

Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 29/09/2016.

Área de concentração: Manejo Florestal.

1. Dendrometria. 2. Amostragem (Estatística). 3. Florestas tropicais – Brasil. 4. Teses. I. Nakajima, Nelson Yoshihiro. II. Melo, Lia de Oliveira. III. Machado, Sebastião do Amaral. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.524

TERMO DE APROVAÇÃO

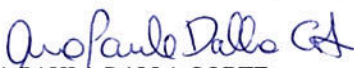
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **CRISTIANE BOSCARO MARSARO**, intitulada: "**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA RELATIVA ENTRE TRÊS CONFIGURAÇÕES DE PARCELA DE ÁREA FIXA EM INVENTÁRIO DO POTENCIAL MADEIREIRO NA FLORESTA TROPICAL AMAZÔNICA**", após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua

Aprovação.....

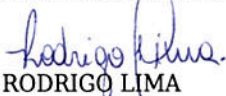
Curitiba, 29 de Setembro de 2016.



NELSON YOSHIHIRO NAKAJIMA
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)



ANA PAULA DALLA CORTE
Avaliador Interno (UFPR)



RODRIGO LIMA
Avaliador Externo (FATEC SENAI)



Dedico essa dissertação, com todo o meu amor e gratidão, a minha mãe Alice Boscaro e meu esposo Fernando Ottomayer, que me apoiaram durante todo o tempo em que estive estudando e desenvolvendo este trabalho.

Também dedico ao meu orientador Nelson Yoshihiro Nakajima, por sua competência, apoio e atenção.

AGRADECIMENTOS

Expresso meus sinceros agradecimentos às seguintes pessoas e instituições que colaboraram de maneira decisiva para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, professor Dr. Nelson Yoshihiro Nakajima, pela atenção e dedicação, excelente orientação, pelo incentivo, ajuda, apoio, paciência, valiosas sugestões e informações apresentadas, e principalmente pela confiança para a realização deste trabalho.

Ao meu co-orientador, professor Dr. Sebastião do Amaral Machado, pelo apoio, orientação, valiosas sugestões e informações prestadas.

À Embrapa Amazônia Oriental, com especial ênfase ao pesquisador Ademir Roberto Ruschel, de onde se originaram os dados do censo florestal utilizados neste trabalho.

À UFOPA (Universidade Federal do Oeste do Pará), com especial ênfase à professora Lia de Oliveira Melo, pelo apoio, orientação e informações prestadas.

À COOMFLONA (Cooperativa Mista da FLONA do Tapajós), pelo suporte logístico, disponibilização de alojamento e alimentação durante os trabalhos de campo, ajuda oferecida durante a realização da coleta de dados da pesquisa, com especial ênfase à Pedro W. F. Pantoja e Jean e os dedicados ajudantes de campo Seu Doca e Seu Raimundo.

À Coordenação do Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, pela aceitação do autor para frequentar o curso.

À Universidade Federal do Paraná pela minha formação acadêmica e aos professores por todo o conhecimento transmitido.

À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro, através de concessão de bolsa de mestrado, durante a realização do mestrado.

As acadêmicas de Engenharia Florestal Letícia Domingues e Luana Castro, pelo interesse na pesquisa e apoio prestado na coleta de dados.

Ao meu esposo, Fernando Ottomayer, pelo carinho, amor, cumplicidade, companheirismo, incentivo, paciência, dedicação, por me dar força nos momentos de dificuldade, pelo apoio prestado na coleta de dados e na elaboração da dissertação e pelas valiosas sugestões. Amo você!

À minha mãe, por acreditar em mim, pelo apoio em todos os momentos da minha vida e por batalhar para me dar condições de cursar uma universidade e sempre priorizar os estudos de seus filhos acima de tudo e por me ensinar que os estudos devem vir em primeiro lugar e ser um exemplo de mulher.

À minha irmã, Daniela Boscaro Marsaro, pelo amor, carinho, dedicação comigo, por acreditar em mim e fazer parte da minha vida nos momentos bons e ruins.

À minha cunhada e cunhado, Alessandra e Adriano, sogra e sogro, Marlene e Rubens, pelo carinho e dedicação comigo, por torcerem e acreditarem em mim.

Às amigas e colegas de curso, Ísis, Camila pela companhia, amizade, pelo carinho, apoio, torcida, almoços e cafés da tarde.

Aos demais professores, funcionários e colegas de curso e todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para que os objetivos deste trabalho pudessem ser atingidos.

E se esse trabalho esta aqui hoje é por que cada um de vocês o tornou realizável. Muito obrigada!

RESUMO

Considerando a importância de informações geradas pelo uso de técnicas de amostragem para a tomada de decisões em manejo florestal, o objetivo desta pesquisa foi comparar três configurações de métodos de amostragem de área fixa de 2000 m², quanto à eficiência relativa na estimativa das variáveis, diâmetro médio a 1,30 m do solo (DAP), número de árvores, área basal e volume com casca por hectare. Para isso, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições para cada configuração testada (3 tratamentos). A área de pesquisa localiza-se na Floresta Nacional de Tapajós, oeste do estado do Pará, em tipologia Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme não explorada, onde a Embrapa Amazônia Oriental, conduz suas pesquisas. Foram sorteados, aleatoriamente, quatro pontos amostrais nos quais foram instaladas e medidas as parcelas de forma retangular das três configurações, sendo a primeira com dimensões de 20 m x 100 m sem estratificação, a segunda com dimensões de 10 m x 200 m com estratificação, metodologia esta desenvolvida para o Inventário Florístico Florestal do Estado de Santa Catarina, fase piloto (IFFSC - Piloto), e a terceira com dimensões de 10 m x 200 m sem estratificação. Foi medida a variável diâmetro de todos os indivíduos com DAP \geq 10 cm e cronometrado os tempos totais desde a alocação das parcelas até a mensuração da última árvore. Para as condições da região em estudo, os resultados obtidos mostram que, com base na eficiência relativa o melhor método foi a da parcela de 20 m x 100 m sem estratificação, para estimativa das variáveis DAP médio, número de árvores, área basal e volume, por hectare, aplicado em inventário do potencial madeireiro da Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme não explorada da Floresta Nacional do Tapajós. Apesar de a configuração de parcela 10 m x 200 m estratificada (IFFSC-Piloto, 2005) apresentar maior coeficiente de variação, não houve diferenças estatisticamente significativas nas estimativas dessas variáveis entre as configurações testadas. Desta forma, devido a sua praticidade de execução, bem como do menor tempo consumido na medição e alocação das parcelas (menos da metade do tempo consumido pela configuração de parcela 20 m x 100 m), pode-se considerar que é a configuração de melhor custo-benefício. Diante disso, conclui-se que o método de amostragem desenvolvido para o IFFSC-Piloto (2005) é viável, em termos de custo-benefício, de aplicação em áreas de Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme na Amazônia Oriental.

Palavras-chave: método de amostragem; tamanho de parcelas; floresta ombrófila densa.

ABSTRACT

Considering the importance of information generated by the use of sampling techniques for decision-making in forest management, the objective of this research was to compare three plot's configuration of sampling methods in a fixed area of 2000 m², related to the relative efficiency on the estimated variables, of average diameter at 1.30m from the ground (DBH), number of trees, basal area and volume per hectare. For this, it has been used a completely randomized design with four replications for each tested configuration. This research was carried out in the Tapajós National Forest, East of Pará State, in an unexploited terra firme dense tropical rainforest, where Embrapa Amazônia Oriental has been carrying out researches and where was made a forest census. Randomly was chosen four sampling points in which they where placed and measured rectangular plots for three configurations: the first one with dimensions of 20 m x 100 m without stratification, the second one with dimensions of 10 m x 200 m with stratification, methodology that was developed for Floristic and Forest Inventory of the Santa Catarina State (IFFSC - Pilot Phase) and the third with dimensions of 10 m x 200 m without stratification. It was measured the diameters of all trees with DBH \geq 10 cm. It was also measured total time consumed, since the installation of the plot until the mensuration of the last tree. For the conditions of the study area, in relation to relative efficiency, the best method was the 20 m x 100 m sample unit configuration without stratification, for estimating the variables average DBH, number of trees, basal area and volume per hectare, aiming timber potential inventory in the unexploited Amazonia Terra Firme Dense Tropical Rainforest. Although, the rectangular configuration of 10 m x 200 m with stratification (IFFSC - Pilot Phase) has a higher coefficient of variation, there were no statistically significant differences in the estimates of the variables average DBH, number of trees, basal area and volume per ha, among tested configurations, in this way due to its practical implementation as well as the less time spent in the measurement and allocation of plots (less than half the time consumed by the plot configuration of 20m x 100m), it can be considered the best cost-benefit configuration. Therefore, it is concluded that the sampling method developed for IFFSC-Pilot (2005) is viable, in terms of cost-benefit, for application in areas of Dense Tropical Rainforest in eastern Amazonia.

Keywords: sampling method; size of plots; tropical rain forest.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - ESQUEMA DE UMA UNIDADE AMOSTRAL USADO NO INVENTÁRIO FLORÍSTICO FLORESTAL PILOTO DE SANTA CATARINA.....	36
FIGURA 2 – SISTEMA DE AMOSTRAGEM ADOTADO EM INVENTÁRIO FLORESTAL DE GRANDES ÁREAS NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS...51	
FIGURA 3 – ESTRUTURA DO CONGLOMERADO ADOTADO NO INVENTÁRIO FLORESTAL NACIONAL.....	52
FIGURA 4 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, COM DESTAQUE PARA ESTADO DO PARÁ, FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, ÁREAS EXPERIMENTAIS (ÁREA 1 E ÁREA 2) DA EMBRAPA E UNIDADES AMOSTRAIS TEMPORÁRIAS INSTALADAS.....	55
FIGURA 5 - MAPA DE ECOSSISTEMAS DO BRASIL, COM DESTAQUE PARA LOCALIZAÇÃO DA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS NA PORÇÃO CENTRAL DA FLORESTA AMAZÔNICA, PARÁ.	56
FIGURA 6 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA FLONA DO TAPAJÓS NO OESTE DO ESTADO DO PARÁ, BRASIL.....	57
FIGURA 7 - MAPA DE ZONEAMENTO DA FLONA DO TAPAJÓS.....	58
FIGURA 8 - MAPA DE SOLOS DA FLONA DO TAPAJÓS SEGUNDO HERNANDEZ (1993).....	60
FIGURA 9 - MENSURAÇÃO DA CIRCUNFERÊNCIA À ALTURA DO PEITO (CAP) DOS INDIVÍDUOS ARBÓREOS ($DAP \geq 10$ cm) COM FITA MÉTRICA.....	61
FIGURA 10 - ESQUEMA DE UMA UNIDADE AMOSTRAL DE ÁREA FIXA RETANGULAR DE DIMENSÕES 20M X 100M, NÃO ESTRATIFICADA.	64
FIGURA 11 - ESQUEMA DA UNIDADE AMOSTRAL ESTRATIFICADA DESENVOLVIDA PARA IFFSC-PILOTO.....	66
FIGURA 12 - ESQUEMA DE UMA UNIDADE AMOSTRAL DE ÁREA FIXA RETANGULAR DE DIMENSÕES 10M X 200M, ESTRATIFICADA EM SUB-UNIDADES.....	66
FIGURA 13 - ESQUEMA ILUSTRATIVO DAS DIVISÕES INTERNAS (SUB-UNIDADES) DA UNIDADE AMOSTRAL DE 10M X 200M, ESTRATIFICADA.....	67
FIGURA 14 - ESQUEMA DE UMA UNIDADE AMOSTRAL DE ÁREA FIXA RETANGULAR DE DIMENSÕES 10M X 200M, NÃO ESTRATIFICADA.	67

FIGURA 15 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ESTABELECIMENTO DA PARCELA.....	69
FIGURA 16 - DEMARCAÇÃO DO PONTO AMOSTRAL (MARCO ZERO) E ALOCAÇÃO DA PICADA CENTRAL OU DE ORIENTAÇÃO COM TRENA E BÚSSOLA.	69
FIGURA 17 - DEMARCAÇÃO DA PARCELA AMOSTRAL POR ESTACAS COLOCADAS AO LONGO DA PICADA CENTRAL COM DETALHES DO PADRÃO DE DEMARCAÇÃO.....	70
FIGURA 18 - EQUIPE DE EXECUÇÃO DOS TRABALHOS EM CAMPO.	71
FIGURA 19 - COMPARAÇÃO ENTRE AS ESTIMATIVAS DAS VARIÁVEIS DE INTERESSE OBTIDAS PELAS PARCELAS AMOSTRAIS TESTADAS E OS VALORES PARAMÉTRICOS.....	89

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - PRINCIPAIS ESTUDOS DO COMPONENTE ARBÓREO EM FLORESTAS DE TERRA-FIRME NA AMAZÔNIA E A RIQUEZA ENCONTRADA. .46	46
TABELA 2 - EQUAÇÕES DE VOLUME INDIVIDUAL UTILIZADAS.72	72
TABELA 3 - NÚMERO DE ÁRVORES MEDIDAS POR PARCELA PARA AS QUATRO REPETIÇÕES.77	77
TABELA 4 - ESTIMATIVA DA VARIÁVEL NÚMERO DE ÁRVORES POR HA PARA AS QUATRO REPETIÇÕES, CONSIDERANDO DAP \geq 10 CM.78	78
TABELA 5 - ESTIMATIVA DA VARIÁVEL ÁREA BASAL POR HA PARA AS QUATRO REPETIÇÕES, CONSIDERANDO DAP \geq 10 CM.78	78
TABELA 6 - ESTIMATIVA DA VARIÁVEL VOLUME POR HA PARA AS QUATRO REPETIÇÕES, CONSIDERANDO DAP \geq 10 CM.78	78
TABELA 7 - ESTIMATIVA DA VARIÁVEL DAP MÉDIO EM CENTÍMETROS POR HA PARA AS QUATRO REPETIÇÕES, CONSIDERANDO DAP \geq 10 CM.79	79
TABELA 8 - RESULTADOS MÉDIOS DAS VARIÁVEIS DAP MÉDIO, NÚMERO DE ÁRVORES, ÁREA BASAL E VOLUME PARA AS TRÊS CONFIGURAÇÕES DE PARCELA AMOSTRAL, CONSIDERANDO DAP \geq 10 CM.79	79
TABELA 9 - ESTIMATIVA DAS VARIÁVEIS DAP MÉDIO, NÚMERO DE ÁRVORES, ÁREA BASAL E VOLUME POR PARCELA PARA AS QUATRO REPETIÇÕES, CONSIDERANDO DAP \geq 35 CM.80	80
TABELA 10 - RESULTADOS MÉDIOS DAS VARIÁVEIS DAP MÉDIO, NÚMERO DE ÁRVORES, ÁREA BASAL E VOLUME PARA AS TRÊS CONFIGURAÇÕES DE PARCELA AMOSTRAL, CONSIDERANDO DAP \geq 35 CM.80	80
TABELA 11 - RESULTADO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA VARIÁVEIS ESTUDADAS, CONSIDERANDO DAP \geq 10 CM.81	81
TABELA 12 - ANÁLISES ESTATÍSTICAS PARA DAP MÉDIO, NÚMERO DE ÁRVORES, ÁREA BASAL E VOLUME POR HA PARA AS CONFIGURAÇÕES DE PARCELA AMOSTRAL.82	82
TABELA 13 - RESULTADO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TEMPO MÉDIO TOTAL.83	83
TABELA 14 - TEMPO MÉDIO EM MINUTOS PARA AS TRÊS CONFIGURAÇÕES DE PARCELA AMOSTRAL.84	84

TABELA 15 - EFICIÊNCIA RELATIVA COMPARADA PARA AS TRÊS CONFIGURAÇÕES DE PARCELA AMOSTRAL.	84
TABELA 16 - RESULTADOS DOS VALORES PARAMÉTRICOS (“REAIS”) PARA POPULAÇÃO E POR HECTARE, CONSIDERANDO $DAP \geq 35$ CM.....	86
TABELA 17 - RESULTADOS DOS VALORES PARAMÉTRICOS (REAIS) PARA POPULAÇÃO E POR HECTARE, CONSIDERANDO $DAP \geq 50$ CM.....	87
TABELA 18 - ERROS REAIS OBTIDOS PELAS PARCELAS TESTADAS, PARA ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS CONSIDERANDO $DAP \geq 35$ CM.	88
TABELA 19 - ERROS REAIS OBTIDOS PELAS PARCELAS TESTADAS, PARA ESTIMATIVAS DE VOLUME POR HECTARE CONSIDERANDO $DAP \geq 50$ CM.....	90

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAP	– Circunferência à Altura do Peito
DAP	– Diâmetro a 1,30 metros acima do solo
EMBRAPA	– Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ER	– Eficiência Relativa
FAO	– Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
Flona	– Floresta Nacional
IBAMA	– Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMBIO	– Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IFFSC-Piloto (2005)	– Inventário Piloto Florístico Florestal de Santa Catarina (2005)
INPA	– Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
MMA	– Ministério do Meio Ambiente
RN	– Regeneração Natural
SFB	– Serviço Florestal Brasileiro
UA	– Unidade Amostral

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
2.	OBJETIVOS	19
2.1.	OBJETIVO GERAL.....	19
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3.	REVISÃO DE LITERATURA	21
3.1.	A FLORESTA AMAZÔNICA.....	21
3.2.	MANEJO FLORESTAL.....	23
3.3.	INVENTÁRIO FLORESTAL.....	27
3.4.	PROCESSOS DE AMOSTRAGEM.....	32
3.5.	MÉTODOS DE AMOSTRAGEM.....	34
3.5.1.	Método de Amostragem de Área Fixa	36
3.5.2.	Tamanho e Forma das Unidades Amostras	37
3.6.	METODOLOGIAS EMPREGADAS EM INVENTÁRIOS FLORESTAIS NA AMAZÔNIA.....	43
3.7.	CONSIDERAÇÕES SOBRE PRECISÃO E EFICIÊNCIA RELATIVA DE UNIDADES AMOSTRAIS.....	53
4.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	55
4.1.	ÁREA DE ESTUDO.....	55
4.2.	LEVANTAMENTO DE DADOS.....	61
4.2.1.	Métodos de Amostragem.....	62
4.2.2.	Processo de Amostragem	68
4.2.3.	Procedimentos de Medição	70
4.3.	VARIÁVEIS ANALISADAS	71
4.3.1.	Equação de Volume Individual Utilizada	72
4.3.2.	Estimativa do DAP Médio	72
4.4.	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	73

4.5.	COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE AMOSTRAGEM.....	74
4.5.1.	Cálculo da Eficiência Relativa (<i>ER</i>)	74
4.6.	COMPARAÇÃO DOS VALORES ESTIMADOS POR PARCELAS EXPERIMENTAIS COM VALORES REAIS REGISTRADAS NO CENSO.....	75
4.6.1.	Erro Real (<i>Er</i>).....	76
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	77
5.1.	NÚMERO DE ÁRVORES AMOSTRADAS POR CONFIGURAÇÃO DE PARCELA TESTADA	77
5.3.	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	81
5.4.	ANÁLISE DA EFICIÊNCIA RELATIVA.....	83
5.5.	PARÂMETROS POR HECTARE DO CENSO FLORESTAL.....	86
5.6.	COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES ESTIMADOS PELAS CONFIGURAÇÕES DE PARCELAS TESTADAS E OS VALORES PARAMÉTRICOS DO CENSO FLORESTAL	88
6.	CONCLUSÕES	91
7.	RECOMENDAÇÕES	93
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
	APÊNDICE 1 – RESULTADO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA VOLUME POR HECTARE, CONSIDERANDO $DAP \geq 10$ CM.	102
	APÊNDICE 2 – RESULTADO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ÁREA BASAL POR HECTARE, CONSIDERANDO $DAP \geq 10$ CM.	102
	APÊNDICE 3 – RESULTADO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DENSIDADE POR HECTARE, CONSIDERANDO $DAP \geq 10$ CM.	102
	APÊNDICE 4 – RESULTADO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DAP MÉDIO, CONSIDERANDO $DAP \geq 10$ CM.	102
	APÊNDICE 5 – RESULTADO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TEMPO MÉDIO TOTAL.....	103

1. INTRODUÇÃO

Para prática de manejo florestal em regime de rendimento sustentável na Amazônia Legal, o administrador florestal necessita de conhecimento da fitossociologia, dos estoques disponíveis, da estrutura e da dinâmica das florestas. Para tanto, utiliza-se como ferramenta o inventário florestal que possibilita a obtenção de informações qualitativas e quantitativas dos recursos florestais.

A informação de parâmetros (valores reais ou observados) de uma população florestal só é possível por meio do censo florestal, também denominado de inventário florestal sob enumeração completa, isto é, em 100% da floresta sob estudo. No entanto, na região Amazônica é praticamente impossível fazer a completa enumeração dos indivíduos de uma população florestal, devido aos custos e tempo necessários para tal fim serem imensuráveis. Dessa forma, uma maneira mais eficiente para a avaliação do potencial madeireiro, principalmente em áreas extensas da Floresta Amazônica, é através da aplicação das técnicas de processos e métodos de amostragem para se obter a estimativa desses parâmetros, a qual possibilita oferecer a necessária informação a um menor custo e mais rapidamente.

O inventário florestal diagnóstico é realizado como forma de reconhecimento preliminar da Unidade de Manejo Florestal (UMF), para saber sobre o potencial madeireiro da floresta e tomada de decisão para investimento em Manejo Florestal em Regime de Rendimento Sustentável.

Uma das questões a serem observadas pelos pesquisadores florestais é, entre outras, a definição adequada do tamanho e configuração de parcela amostral a serem utilizadas nos levantamentos, já que essas influenciam a eficiência da amostragem.

Visando diminuir custos e aumentar a eficiência dos inventários florestais, diversos métodos de amostragem vêm sendo desenvolvidos ao longo das últimas décadas por pesquisadores florestais. A seleção de uma metodologia que seja eficiente, precisa, e que concomitantemente demande menor tempo e recursos, é sinônimo de economia e planejamento seguro para empresas. Portanto, é importante que os inventários quantifiquem os recursos florestais, visando reduzir os erros oriundos da amostragem, obtendo-se maior eficiência nos resultados com a maior redução de custos possível.

A eficiência do inventário florestal está relacionada, principalmente, à escolha do processo e método de amostragem. As amostragens com base em parcelas amostrais de área fixa estão intimamente relacionadas com o tamanho e forma das unidades amostrais (circular, quadrada, retangular), que por sua vez dependem das características do terreno e das condições da floresta (NAKAJIMA, 1997).

Assim sendo, é importante identificar o método de amostragem mais adequado para cada situação florestal, subsidiando, desta forma, a tomada de decisões das atividades florestais a um baixo custo financeiro e elevado grau de eficiência e precisão.

De acordo com Higuchi, Santos e Jardim (1982), como o objetivo do inventário florestal é obter o máximo de informações, com a máxima precisão, a um mínimo custo, a definição do tamanho, da forma e da suficiência amostral são fundamentais para estudos da vegetação e elaboração de planos de manejo florestal.

Portanto, estudos sobre tamanhos e configuração de parcela são importantes para garantir a precisão dos métodos de amostragem, principalmente em florestas tropicais. A floresta de terra-firme da Amazônia é um tipo de floresta difícil de ser inventariada devido à alta riqueza florística, dificuldade de acesso à área do inventário e ao custo elevado.

Scolforo, Chaves e Mello (1993) destacam que a unidade amostral utilizada deverá representar as diversas condições da população e fornecer estimativas não tendenciosas e precisas dos parâmetros de interesse, a um menor custo. Estes mesmos autores ainda ressaltam que a decisão não deve se basear apenas na preferência do planejador, mas deve ser apoiada em uma pesquisa específica que determine o tamanho, a forma e o número ideal de parcelas para as condições da região em estudo.

Oliveira (2010) afirma que uma das principais ferramentas para quantificar e qualificar o potencial de uma floresta é o inventário florestal. Durante a sua fase de planejamento, é necessário definir a intensidade de amostragem e o tamanho e forma de unidades de amostra, visando minimizar os custos de coleta de dados e o aumento da precisão do inventário florestal.

Conforme Araujo (2006), entre as etapas fundamentais do ordenamento de atividades de manejo florestal está a avaliação acerca da composição da floresta a ser manejada. Essa avaliação é feita por meio de inventários florestais, os quais qualificam e quantificam os recursos referentes às espécies vegetais ocorrentes, especialmente as árvores lenhosas, quanto aos seus dados dendrométricos (número de indivíduos, diâmetros, áreas basais, volumes do fuste, etc.).

Basicamente, os inventários em florestas destinadas ao uso sustentável podem ser de três objetivos: inventário de reconhecimento ou diagnóstico, inventário a 100% ou pré-exploratório e inventário contínuo ou de monitoramento. O inventário de reconhecimento ou diagnóstico é realizado em áreas onde se pretende implantar um plano de manejo. Seu propósito é analisar a composição e a estrutura da floresta, abordando indivíduos desde a regeneração natural até árvores adultas e permitindo determinar seu potencial e aptidão para o manejo. Este tipo de inventário é feito em bases estatísticas em que são mensuradas e avaliadas, a uma intensidade amostral pré-estabelecida, parcelas de áreas de floresta, cujos resultados são estendidos à área total a ser manejada.

O inventário florestal por amostragem tem muita utilidade para avaliação das florestas públicas para subsidiar pregões, como ocorre com as concessões florestais. A partir da Instrução Normativa Nº 5, de 11 de dezembro de 2006 (BRASIL, 2006a) houve o retorno da obrigatoriedade do inventário florestal diagnóstico da Unidade de Manejo Florestal-UMF (área do imóvel rural a ser utilizada no manejo florestal) para Planos de Manejo Florestal Sustentável-PMFS na Amazônia Legal, objetivando a estimativa da capacidade produtiva da floresta, definida pelo estoque comercial disponível (m^3/ha), e permitindo determinar seu potencial e aptidão para o manejo.

A Norma de Execução nº 01 de 2007, do IBAMA (BRASIL, 2007), estabeleceu a obrigatoriedade da execução de inventários florestais por amostragem em planos de manejo na Amazônia.

Dessa forma, a definição do tamanho e configuração de parcela, dentre outros fatores, para inventário florestal diagnóstico para fins de avaliação do potencial madeireiro na Amazônia, torna-se um subsídio indispensável para a elaboração de plano de manejo florestal.

Além disso, estudos comparativos sobre tamanho e forma de unidades amostrais são importantes para o adequado planejamento dos recursos humanos e financeiros necessários em inventários qualitativos e quantitativos de formações florestais.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve como objetivo comparar três configurações do método de amostragem de área fixa, com parcelas retangulares de até 2000 m², quanto à eficiência relativa na estimativa das variáveis, diâmetro médio a 1,30 m do solo (DAP), número de árvores, área basal e volume total por hectare, para aplicação em inventários do potencial madeireiro em Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme na Amazônia Oriental.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Testar três configurações de parcela retangular de 2.000 m², para estimativas por hectare de área basal, volume, número de árvores e DAP médio, para aplicação em inventário do potencial madeireiro em Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme da Amazônia, sendo a primeira com dimensões de 20mx100m sem estratificação, a segunda com dimensões de 10mx200m sem estratificação, com medição de todos os indivíduos arbóreos com DAP \geq 10 cm e a terceira com dimensões de 10mx200m estratificada em subunidades, com base nas seguintes classes de diâmetro: S1a = 10 cm \leq DAP < 20 cm nos primeiros 25 m; S1b = 20 cm \leq DAP < 30 cm nos primeiros 50 m; S2 = 30 cm \leq DAP < 40 cm nos primeiros 100 m de parcela; S3 = 40 cm \leq DAP < 50 cm nos primeiros 150 m da parcela e S4 = DAP \geq 50 cm em toda a parcela (10 m x 200 m);
- Avaliar a eficiência relativa de três configurações do método de amostragem de área fixa em função do tempo de alocação e medição da parcela e do coeficiente de variação das estimativas por hectare de área basal, volume de madeira, número de árvores e DAP médio;
- Comparar os resultados das estimativas médias, das árvores com diâmetro \geq 35 cm, de área basal, volume e, número de árvores, por hectare, bem como

o DAP médio de três configurações de amostragem, com os valores paramétricos do censo florestal da área experimental;

- Definir a configuração de amostragem mais precisa na estimativa de área basal, volume, número de árvores por hectare e DAP médio das árvores com $\text{DAP} \geq 10$ cm, bem como, para a estimativa do estoque para exploração legal dos indivíduos arbóreos, isto é, com $\text{DAP} \geq 50$ cm em UMF (Unidade de Manejo Florestal).
- Verificar se o método de amostragem desenvolvido para o IFFSC (Fase Piloto) é viável, em termos de custo-benefício, de aplicação em áreas de Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme na Amazônia Oriental.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. A FLORESTA AMAZÔNICA

O Brasil apresenta uma expressiva diversidade de ecossistemas florestais, dada a sua grande área física, diversidade de climas e solos existentes em seu território (LEITÃO FILHO, 1987). A Amazônia, como a maior extensão de floresta tropical do mundo, apresenta uma variedade de recursos naturais e inúmeras associações vegetais que crescem sob a influência de fatores ambientais intrínsecos a cada ecossistema que forma este bioma (GAMA *et al.*, 2003).

Além da importância do ponto de vista do estoque de recursos madeireiros e não madeireiros, a floresta da região desempenha papel importante, tanto para servir de abrigo às diferentes formas de vida, como para manter o funcionamento equilibrado de seus ecossistemas. A mesma é também o maior reservatório natural de diversidade do planeta, onde cada um de seus diferentes ambientes florestais possui um contingente florístico rico e variado, muitas vezes exclusivo de determinado ambiente (OLIVEIRA; AMARAL, 2004).

Segundo Roth (2009), a Floresta Amazônica cumpre funções ecológicas, culturais e econômicas de importância incalculável. Ela sustenta a economia de regiões inteiras, abrigam sociedades tradicionais e também tem um papel central no equilíbrio do clima do planeta, além de ajudar a manter a qualidade das águas e a estabilidade do solo.

Segundo a FAO (2015), a área de floresta do Brasil é de 493.538.000 hectares, de florestas naturais e plantadas, o que representa a segunda maior área de florestas do mundo, atrás apenas da Rússia.

A área estimada de florestas naturais em 2012 no bioma Amazônia foi de 325.469.969 hectares (SFB, 2013). Predominam-se as florestas densas de terra-firme, apesar das florestas de várzea desempenharem um papel importante na economia de vários estados amazônicos. As famílias botânicas dominantes são Leguminosae, Lecythidaceae e Sapotaceae - na terra-firme - e Myristicaceae nas várzeas. O mogno (*Swietenia macrophylla* King) é a mais importante espécie madeireira, do ponto de vista comercial. A castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.) e a seringueira (*Hevea brasiliensis* L.) são também importantes, porém como produtos não madeireiros. O volume total de madeira na Amazônia é

estimado em 50 bilhões de m³, dos quais 10% têm condições de serem aproveitados pela indústria madeireira (HIGUCHI *et al.*, 2008).

As áreas de florestas públicas do Brasil estão em permanente processo de identificação e cadastramento pelo Serviço Florestal Brasileiro. As florestas públicas inseridas no Cadastro Nacional de Florestas Públicas (CNPFF) até 2015 compreendem uma área de 310.704.824 hectares, o que representa 36,2% do território nacional. As florestas públicas brasileiras distribuem-se nos diferentes biomas e regiões do país. No entanto, a maior parte encontra-se no bioma amazônico. No total, o país possui 622,2 mil hectares de florestas públicas sob concessão florestal.

Na Amazônia o termo ‘terra-firme’ se aplica para todas as florestas que não são, sazonalmente, inundadas. Florestas de terra-firme, segundo Oliveira e Amaral (2004), são caracterizadas pela alta diversidade de espécies. Estas podem ser divididas em: florestas densas, florestas densas com lianas, florestas abertas com bambus, florestas de encosta, campina alta ou campinarana e florestas secas (BRAGA, 1979). Segundo este mesmo autor, as florestas densas são predominantes na paisagem amazônica.

Segundo Ribeiro *et al.* (1999), as florestas de terra-firme possuem três tipos de relevo: platô, vertente (ou encosta) e baixio. Platôs são áreas mais altas, com solos argilosos bem drenados, pobres em nutrientes, com dossel entre 35-40 metros, possuem uma biomassa maior e seu sub-bosque é caracterizado pela alta ocorrência de palmeiras. Vertentes são tipos florestais sobre a paisagem colinosa dissecada, seus solos são argilosos nas partes mais altas e arenosos nas partes mais baixas, seu dossel é menor, 25-35 metros e possui poucas árvores emergentes. Baixio são planícies aluviais ao longo dos igarapés, tem solos arenosos com acúmulo de sedimentos, dossel de 20-35 metros, raízes superficiais e fisionomia vegetal variada.

A Floresta Amazônica corresponde em termos de cobertura florestal em torno de 70 % da área florestal do Brasil (SFB, 2013). Sua extensão e importância para a biodiversidade (por exemplo ecossistemas terrestres e aquáticos, fauna e flora), estoque de madeira e reservas minerais são indiscutíveis. O bioma abriga vastos estoques de madeira comercial e de carbono, além de uma grande variedade

de produtos florestais não madeireiros, que pode dar sustento a diversas comunidades locais (SFB, 2010).

3.2. MANEJO FLORESTAL

O Manejo Florestal implica em uma extração cuidadosa e seletiva, de impacto ambiental reduzido, a aplicação de tratamentos silviculturais, para potencializar a regeneração da floresta e fazer crescer outra colheita, e o monitoramento, para controlar essa regeneração e ajudar o manejador na tomada de decisões técnicas e comerciais. Em termos ambientais, o Manejo Florestal contribui para que a floresta mantenha sua forma e função mais próxima de seu estado original. A manutenção da forma se dá na medida em que se minimizam os danos na floresta e, em consequência, as árvores comerciais remanescentes. Mantida a sua forma, a floresta pode continuar a desempenhar suas funções: proteger o solo contra erosão, preservar a qualidade da água, abrigar a biodiversidade e outros (ROTH *et al.*, 2009).

O manejo florestal tem como objetivo viabilizar a produção sustentada e contínua dos benefícios florestais. Para que ocorra o aproveitamento racional dos recursos florestais existentes, para a sobrevivência das florestas remanescentes e para se obter subsídios necessários para a recuperação das florestas degradadas, através do reflorestamento conservacionista, são necessário o conhecimento das características estruturais das espécies florestais (BONETES, 2003).

O conceito de manejo florestal em regime de rendimento sustentado foi introduzido, no Brasil, a partir da realização dos inventários florestais, executados por peritos da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), no final da década de 50. A Amazônia brasileira teve seu primeiro plano de manejo elaborado para a Floresta Nacional de Tapajós, em 1978, para uma área de 130.000 ha (HIGUCHI; CARVALHO, 1994).

Silva (2006) salientou que o manejo florestal, além de ser uma técnica, é também uma estratégia política, administrativa, gerencial e comercial, na qual são utilizados princípios e técnicas florestais no processo de intervenção do ecossistema, visando a disponibilização de seus produtos e benefícios para usos múltiplos, de forma a garantir os pressupostos do desenvolvimento sustentável.

Atualmente, segundo o artigo 3º, inciso VI da Lei nº11.284 de 2006 (BRASIL, 2006b), que dispõe sobre a gestão de florestas públicas, o manejo florestal é definido como:

VI - manejo florestal sustentável: administração da floresta para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras, de múltiplos produtos e subprodutos não madeireiros, bem como a utilização de outros bens e serviços de natureza florestal.

A Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012), em seu Art. 3º, inciso VII, define manejo sustentável como:

VII - manejo sustentável: administração da vegetação natural para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras ou não, de múltiplos produtos e subprodutos da flora, bem como a utilização de outros bens e serviços.

No Brasil, apesar da legislação ambiental preconizar o manejo florestal desde meados da década de 60, as iniciativas promissoras de manejo florestal na região amazônica são raras. As principais causas da exploração insustentável incluem: (i) a falta de políticas adequadas e sistema de estímulos para manejo sustentável; (ii) a ineficácia e ineficiência do monitoramento e controle da exploração madeireira; (iii) a oferta clandestina associada ao aumento da fronteira agrícola; (iv) abundância do recurso florestal; e (v) a falta de modelos demonstrativos (MMA/IBAMA, 1997 *apud* HIGUCHI *et al.*, 2008).

A política florestal brasileira evoluiu rapidamente desde 1998, no que se refere à dominialidade das florestas e à normatização do manejo florestal, para comunidades e empresas. A promulgação da Lei de Gestão de Florestas Públicas (BRASIL, 2006b), abriu a possibilidade de atribuição de concessões florestais em terras públicas, permitindo de fato o manejo florestal legalizado sem a necessidade de possuir florestas próprias.

As Florestas Nacionais, Estaduais ou Municipais, tem como objetivo realizar o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais, e fomentar a pesquisa científica principalmente voltada ao uso sustentável de florestas nativas (BRASIL, 2000).

A Floresta Nacional do Tapajós é a UC Federal mais pesquisada da Amazônia. As primeiras pesquisas realizadas no território da Floresta Nacional do Tapajós tiveram o objetivo de avaliar práticas de manejo e exploração florestal, visando desenvolver parâmetros para o uso sustentável dos recursos florestais Amazônicos. Em 1975, a Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA) instalou experimentos em uma área de 70 hectares de floresta de terra firme, situada no km 67 da Rodovia BR 163. Posteriormente, foram instaladas parcelas experimentais no km 144 da mesma Rodovia (IBAMA, 2004).

A EMBRAPA é uma instituição que desenvolveu diversas pesquisas na Floresta Nacional do Tapajós, dentre elas o projeto denominado “*Monitoramento de parcelas permanentes instaladas em áreas submetidas à exploração florestal*”, composto de duas áreas de pesquisas: uma localizada no Km 67 e a outra no Km 114 da Rodovia BR 163/ Santarém – Cuiabá. Nessas áreas estão os experimentos mais antigos do mundo de monitoramento de florestas tropicais nativas submetidas ao manejo florestal.

Os mais antigos sítios de estudo sobre a sustentabilidade do manejo florestal madeireiro na Amazônia são: o sítio km 67 / km 114 da Floresta Nacional do Tapajós, ZF-2 do INPA, Tonka no Suriname, e Paracou na Guiana Francesa. Após 35 anos da exploração experimental realizada em 1979, o sítio de Tapajós atinge o tempo recomendado pela legislação brasileira para recuperação da floresta e início do segundo ciclo de corte (MAZZEI; RUSCHEL, 2014).

Em decorrência da parceria entre a Organização Internacional de Madeiras Tropicais (ITTO) e o Governo Brasileiro, através do Ministério das Relações Exteriores (MRE)/Agência Brasileira de Cooperação (ABC), foi executado no período de 1999 a 2004 na Floresta Nacional do Tapajós, em uma área de 3.222 hectares, o Projeto Tapajós ou como, amplamente conhecido, projeto ITTO. O objetivo era instalar um modelo de manejo florestal para produção sustentável de madeira em floresta tropical, considerando a obtenção de dados técnicos, sociais e ambientais mensuráveis, visando orientar futuras ações governamentais e a transferência, para diferentes segmentos da sociedade, dos conhecimentos adquiridos (IBAMA, 2004).

É reconhecido, atualmente, que o projeto ITTO foi a primeira experiência de concessão de uma área pública a uma empresa privada para a realização de manejo florestal madeireiro no Brasil. Dentre os principais resultados, cita-se a

contribuição desse projeto para a elaboração de políticas e diretrizes do manejo florestal e também para a definição de um sistema de concessão florestal, conforme publicado em 2006 na Lei Federal nº 11.284, também chamada de Lei da Gestão de Florestas Públicas para a Produção Sustentável, que dispõe sobre a possibilidade que as empresas ou cooperativas tem de explorar os recursos madeireiros e não madeireiros de unidades de conservação, em especial, as Florestas Nacionais, por meio de um plano de manejo (BRASIL, 2006b).

A Instrução Normativa Nº 5, de 11 de dezembro de 2006 do Ministério do Meio Ambiente (dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável-PMFSs nas florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia Legal, e dá outras providências), no capítulo III, Art. 5 desta Instrução Normativa consta que a intensidade de corte proposta no PMFS será definida de forma a propiciar a regulação da produção florestal, visando garantir a sua sustentabilidade, e levará em consideração os seguintes aspectos:

- I - estimativa da produtividade anual da floresta manejada ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{ano}$), para o grupo de espécies comerciais, com base em estudos disponíveis na região;
- II - estimativa da capacidade produtiva da floresta, definida pelo estoque comercial disponível (m^3/ha), com a consideração do seguinte:
 - a) os resultados do inventário florestal da UMF;
 - b) os critérios de seleção de árvores para o corte, previstos no PMFS; e
 - c) os parâmetros que determinam a manutenção de árvores por espécie, estabelecidos nos arts. 6º e 7º desta Instrução Normativa.

O inventário florestal da UMF deve incluir árvores a partir de 10 cm de diâmetro à altura do peito (DAP), conforme estabelece Instrução Normativa Nº 5, de 11 de dezembro de 2006 do Ministério do Meio Ambiente.

A prática do manejo florestal sustentável na Amazônia dependerá de licenciamento pelo órgão competente do Sisnama, mediante aprovação prévia de Plano de Manejo Florestal Sustentável – PMFS, que contemple técnicas de condução, exploração, reposição florestal e manejo compatíveis com os variados ecossistemas que a cobertura arbórea forme, conforme previsto no artigo 31 da Lei nº 12. 651/2012 (BRASIL, 2012), que trata da exploração de florestas nativas. No inciso 1º, do artigo 31 da referida lei, transcrito a seguir, prevê que:

§ 1o O PMFS atenderá os seguintes fundamentos técnicos e científicos:

- I - caracterização dos meios físico e biológico;
- II - determinação do estoque existente;
- III - intensidade de exploração compatível com a capacidade de suporte ambiental da floresta;
- IV - ciclo de corte compatível com o tempo de restabelecimento do volume de produto extraído da floresta;
- V - promoção da regeneração natural da floresta;
- VI - adoção de sistema silvicultural adequado;
- VII - adoção de sistema de exploração adequado;
- VIII - monitoramento do desenvolvimento da floresta remanescente;
- IX - adoção de medidas mitigadoras dos impactos ambientais e sociais.

Segundo Brena (1995) para manejar corretamente as florestas de um país é necessário informações detalhadas, suficientes e confiáveis sobre os seus recursos florestais. O administrador florestal necessita informações sobre o crescimento das florestas, sobre a mortalidade e taxas de exploração, sobre o crescimento médio em diâmetro, altura, ou volume das árvores vivas, entre outras. Para tanto, utiliza-se como ferramenta de estudo, o inventário florestal.

Para embasar a elaboração do PMFS, a área a ser manejada passa por um processo de avaliação do potencial madeireiro através de inventário florestal amostral.

3.3. INVENTÁRIO FLORESTAL

Um adequado plano de manejo deve, portanto, ser a base para o aproveitamento racional dos recursos florestais existentes, para a sobrevivência das florestas remanescentes e para se obter subsídios necessários para a recuperação das florestas degradadas. Sua elaboração só é possível a partir da definição dos parâmetros de um ecossistema florestal, que devem ser fundamentados por um inventário florestal.

O inventário florestal é uma etapa fundamental na elaboração de planos de manejo florestal e, sua qualidade está intrinsecamente relacionada à qualidade destes planos. A sua execução pode ser realizada por meio da enumeração total (censo) e da amostragem dos indivíduos de interesse. Na primeira, todos os indivíduos de interesse da população são medidos e, os parâmetros estimados são considerados valores reais ou verdadeiros da população. Na segunda, os indivíduos de interesse são medidos em partes da população (amostras). As estimativas dos

parâmetros obtidas, nesse caso, referem-se à amostra e são extrapoladas para a população, o que implica em erro relacionado ao valor verdadeiro (OLIVEIRA, 2015).

Nas atividades florestais e nas avaliações ambientais relativas aos recursos florestais, o inventário florestal é sempre uma técnica importante, talvez até mesmo imprescindível ao perfeito conhecimento do potencial dos recursos existentes em uma determinada área (SANQUETTA *et al.*, 2009). O inventário florestal é uma atividade que visa obter informações qualitativas e quantitativas dos recursos florestais existentes em uma área pré-especificada (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997).

Segundo Scolforo e Mello (1997), o inventário florestal consiste no uso de fundamentos da teoria de amostragem para determinação ou estimativa de características quantitativas ou qualitativas da floresta.

O inventário florestal consiste no uso de fundamentos de amostragem para a determinação ou estimativa das características das florestas, sejam estas quantitativas ou qualitativas. Dentre as características quantitativas pode-se citar: volume, sortimento, área basal, altura média das árvores dominantes, biomassa, diâmetro médio quadrático, etc. No caso de florestas nativas, outras características também devem ser consideradas, tais como: a densidade, dominância, frequência, índice de valor de importância, posição sociológica, índice de regeneração natural, etc. Dentre as características qualitativas, pode-se citar: vitalidade das árvores, qualidade do fuste, tendência de valorização, etc. (SCOLFORO; MELLO, 1997).

O inventário florestal é um ramo da ciência florestal que visa avaliar as variáveis qualitativas e quantitativas da floresta e suas inter-relações, assim como a dinâmica de crescimento e sucessão florestal. Este processo se utiliza de unidades amostrais ou parcelas nas quais são medidos os dados dendrométricos, para que posteriormente os resultados sejam extrapolados/inferidos para a área total (LEITE; ANDRADE, 2002).

Os inventários florestais são procedimentos para obter informações sobre quantidades e qualidades dos recursos florestais e de muitas características das áreas sobre as quais as espécies estão crescendo (HUSCH *et al.*, 1993).

O inventário florestal utiliza como ferramenta principal teoria da amostragem na qual dois conceitos devem ser levados em consideração, população e amostra. A população é o conjunto de valores unitários sobre os quais se faz observações,

totalizando todos os indivíduos. Já a amostra é uma rede de parcelas ou unidades amostrais com as quais se faz uma inferência para o restante da população por meio de estimativa de parâmetros (SCOLFORO; MELLO, 2006).

Nas florestas nativas, o conhecimento cada vez mais preciso do estoque florestal está intimamente ligado à definição de critérios sobre que espécies manejar, sobre o potencial de produção da floresta e, sobre tudo, sobre a conservação e preservação ambiental. Tanto em áreas de florestas de grande porte, como em áreas de cerrado, o uso correto da teoria de amostragem e dos fundamentos de biometria florestal pode-se constituir em um dos grandes instrumentos de auxílio no controle do desmatamento (SCOLFORO; MELLO, 1997).

Qualquer intervenção planejada em florestas naturais deve ser precedida de inventário minucioso, que forneça estimativas fidedignas dos parâmetros: diversidade, frequência, densidade, dominância, distribuições diamétrica e espacial das espécies, bem como os valores ecológicos, econômico e social das espécies (SOUZA *et al.*, 2006).

Péllico Netto e Brena (1997) classificaram os inventários florestais de acordo com: a) O objetivo: cunho tático e cunho estratégico; b) A abrangência: nacional, regional e de áreas restritas; c) A obtenção dos dados: enumeração total ou censo, amostragem e tabela de produção; d) A abordagem da população no tempo: uma ocasião ou temporários, múltiplas ocasiões ou contínuos; e) O detalhamento dos resultados: exploratório, reconhecimento e detalhados.

Para SILVA *et al.* (1985), o inventário florestal é um dos pré-requisitos para o planejamento de uma floresta. Os autores comentam que para fins de manejo, podem ser considerados três tipos de inventário: (i) inventário de reconhecimento, que visa uma avaliação global da floresta; (ii) inventário pré-exploratório, qual dá um detalhamento da área a ser explorada anualmente; (iii) inventário florestal contínuo, que objetiva monitorar a dinâmica da floresta, principalmente quanto ao crescimento, ingressos e mortalidade.

Araujo (2006), assim como SILVA *et al.* (1985), definiu os inventários realizados em florestas destinadas ao uso sustentado em três tipos básicos: (a) Inventário de reconhecimento, ou diagnóstico: é realizado em áreas onde se pretende implantar um plano de manejo com objetivo de analisar a composição e a estrutura da floresta, abordando indivíduos desde a regeneração natural, até árvores

adultas e permitindo determinar seu potencial e aptidão para o manejo. Para a realização deste tipo de inventário são utilizados métodos de amostragem com bases estatísticas em que são mensuradas e avaliadas, a uma intensidade amostral pré-estabelecida, parcelas de áreas de floresta, cujos resultados são estendidos à área total a ser manejada; (b) Inventário a 100%, ou pré-exploratório: é realizado em áreas onde um plano de manejo florestal está em execução. Tem como objetivo determinar, com bom grau de precisão, o estoque de madeira existente nos compartimentos de manejo para fins de planejamento da exploração. Este inventário é realizado em toda a área de interesse, abordando-se todas as árvores adultas ocorrentes a partir de um DAP mínimo estabelecido (p.ex.: 50,0 cm), mapeando-as e classificando-as quanto ao estado de aproveitamento, destinação de uso; (c) Inventário contínuo, ou de monitoramento: pode ser realizado em áreas de floresta em qualquer situação (sob manejo ou não). São aplicados tendo como principal objetivo, analisar e acompanhar o desenvolvimento estrutural de uma floresta ao longo do tempo por meio de mensurações sucessivas, abordando indivíduos desde a regeneração natural até árvores adultas. Sua finalidade é avaliar o comportamento de uma floresta frente às causas naturais de alteração e, principalmente, às intervenções de exploração promovidas por atividades de manejo florestal.

O método atual destinado à produção sustentável de madeira no manejo de florestas naturais tem como base de planejamento o censo florestal, também chamado de inventário a 100%, sendo esta atividade aplicada na medição, localização e avaliação de todas as árvores com potencial de serem exploradas comercialmente dentro de cada Unidade de Trabalho (UT). De acordo com o inciso IV do artigo 2º da Instrução Normativa nº 5/2006 do Ministério do Meio Ambiente – MMA (BRASIL, 2006), o inventário a 100% é utilizado para definir a intensidade de corte no manejo florestal. Já o inventário florestal por amostragem tem sido utilizado na análise da composição e estrutura da floresta, determinando seu potencial e aptidão para o manejo, tendo grande utilidade para a avaliação das florestas públicas nas concessões florestais.

De acordo com o inciso IV do artigo 53 da Lei nº 11 284/2006, que trata da gestão das florestas públicas para uso sustentável (BRASIL, 2006b), cabe aos órgãos gestores federal, estaduais e municipais, no âmbito de suas competências, elaborar o inventário amostral da área de floresta a ser concedida para manejo.

Em relação à estimativa de quantidade de madeira no povoamento, Cunha (2003) afirma que as informações sobre a estrutura diamétrica obtidas no inventário florestal permitem conhecer melhor os níveis de estoques dos produtos, o que facilita a organização das operações de logística no planejamento nas unidades de produção anual (UPA). Esse autor, citando Hosokawa (1981), complementa ao afirmar que a descrição da distribuição em relação ao número de árvores, área basal e volume propiciam uma melhoria na caracterização da estrutura da floresta.

A realização de um inventário florestal depende, entre outros fatores, de três decisões no seu planejamento: (a) tamanho e forma das unidades amostrais; (b) intensidade de amostragem e (c) tipo de amostragem.

O sucesso do inventário florestal está ligado à escolha correta do processo de amostragem, do tamanho e forma das unidades amostrais e da intensidade de amostragem, requisitos básicos para obter as informações com precisão (PÉLLICO NETO; BRENA, 2007; SCOLFORO; MELLO, 1997).

Silva (1996) afirmou que o inventário florestal é a base do planejamento da produção de uma empresa. O autor recomenda a escolha do melhor sistema de amostragem que se aplique a cada caso, utilizando unidades de amostra com tamanho e forma adequados. É recomendado também pelo autor, a utilização de um número de unidades de amostras suficiente para o fornecimento de uma boa precisão, garantindo resultados confiáveis.

A vegetação florestal pode ser avaliada quantitativa e qualitativamente por diversos procedimentos de amostragem. A aplicação de um ou de outro dependerá de alguns fatores, tais como: tempo, recursos disponíveis, variações fisionômicas e estruturais da vegetação (SCOLFORO; MELLO, 1997).

Segundo Nakajima (2006), para a elaboração de um Sistema de Inventário Florestal faz-se necessário definir o processo de amostragem, o método de amostragem e os procedimentos de medição. A adequação destes três componentes de acordo com as condições da floresta, topografia e infra-estrutura, determinará uma maior eficácia em termos de precisão e custo, para um mesmo esforço de amostragem.

3.4. PROCESSOS DE AMOSTRAGEM

Segundo Péllico Netto e Brena (1997), a amostragem aleatória simples ou casual simples constitui o processo fundamental em que todos os demais processos de amostragens derivam. Esse processo de amostragem tem como objetivo proporcionar que todas as combinações possíveis de unidades amostrais, de certa população, tenham a mesma chance de participar da amostra, ou seja, a escolha da unidade amostral deve ser livre e totalmente independente da seleção das demais unidades da amostra.

De acordo com Péllico Netto e Brena (1997), entende-se como processo amostral a abordagem referente ao conjunto de unidades amostrais. Os autores afirmam que há uma forte vinculação entre os processos de amostragem e a periodicidade com que a amostragem será realizada. Se a abordagem se constituir de uma única ocasião, os processos são mais específicos e diretamente aplicados à população. Se a periodicidade for considerada como múltiplas ocasiões, então os processos poderão ser mais complexos, mais integrados e elaborados.

Segundo Péllico Netto e Brena (1997), os processos de amostragem classificam-se em:

a) Aleatório

- Aleatório irrestrito: processo que requer que todas as combinações possíveis de (n) combinações da amostra da população tenham igual chance de participar da amostra. A seleção de cada unidade amostral deve ser livre de qualquer escolha e totalmente independente da seleção das outras unidades amostrais.

- Aleatório restrito: processo de seleção no qual alguma restrição é imposta na escolha das unidades amostrais, sendo dividido em:

- Amostragem estratificada: utilizada para populações heterogêneas, onde esta é dividida em subpopulações ou estratos com base em suas características, como topografia do terreno, tipologia florestal, altura, idade, densidade, de forma que a base da estratificação seja a variável principal estimada no inventário;
- Amostragem em dois estágios: a população é dividida em unidades amostrais (primeiros estágio), às quais são divididas em outras

unidades (segundo estágio), de forma que estas estejam alocadas nas unidades primárias;

b) Sistemático: situa-se entre os processos probabilísticos não aleatórios, em que o critério de probabilidade se estabelece pela aleatorização da primeira unidade amostral. Segundo Loetsch, Zoehrer e Haller (1973), em um processo sistemático, as unidades amostrais são selecionadas a partir de um sistema rígido e pré-estabelecido de sistematização, com o propósito de cobrir a população, em toda a sua extensão, e obter um modelo sistemático simples e uniforme. Pode ser subdividido em um ou dois estágios.

Em inventários florestais a distribuição sistemática das unidades amostrais pode ser feita com parcelas de área fixa, faixas e também parcelas de área variável, quando forem usados pontos amostrais ou linhas (PÉLLICO NETO; BRENA, 1997).

A amostragem sistemática permite selecionar as unidades de amostra seguindo um esquema predefinido de sistematização, cobrindo toda a população. Esse processo de amostragem tem a vantagem de economizar tempo na obtenção dos dados de campo (SOARES *et al.*, 2006). Segundo Campos e Leite (2006), as amostragens sistemáticas de uma população homogênea, quanto à distribuição de seus indivíduos, resultam estimadores tão confiáveis quanto à amostragem casualizada. No entanto, mesmo na amostragem sistemática, há necessidade de se avaliar estimadores como limites de confiança, tamanho de amostra e erros de amostragem.

Segundo Higuchi (1986), "Do ponto de vista prático, a amostragem sistemática tem sido utilizada sem nenhum problema, tanto em florestas naturais como em florestas plantadas [...]". Nesse tipo de amostragem cada unidade amostral é mais bem distribuída espacialmente, não possui tendência na escolha e é menos onerosa para a alocação. Além das vantagens citadas no uso da amostragem sistemática, para Higuchi (1986):

[...] deve ser considerada ainda a possibilidade de se organizar o controle e a supervisão dos trabalhos de campo, uma vez que as unidades amostrais são distribuídas de acordo com um padrão pré- especificado. Esse tipo de organização é fundamental na execução de um inventário florestal, sobretudo pela oportunidade de diminuir os erros não amostrais, para os quais não há fórmulas para as suas estimativas.

Higuchi (1986) concluiu que a amostragem sistemática é mais precisa que a amostragem aleatória quando o objetivo é realizar inventários florestais em áreas comerciais. Isso devido a uma menor quantidade de erros não amostrais em consequência de uma distribuição mais ordenada das unidades amostrais. Considerando-se também a intensidade amostral, a amostragem sistemática possui valores inferiores à amostragem aleatória, permitindo assim a redução nos custos do inventário.

c) Misto: Essa estrutura pode ser tanto uma convergência da amostragem sistemática em dois estágios para a amostragem aleatória simples, quanto uma amostragem em dois estágios onde o segundo estágio é sistemático dentro do primeiro (PÉLLICO NETO; BRENA, 1997).

Pode ser subdividido em:

- Amostragem em Grupos ou Conglomerados: é uma variação da amostragem em dois estágios, onde o segundo estágio é sistematicamente organizado dentro do primeiro estágio de amostragem;

- Amostragem com múltiplos inícios aleatórios: assemelha-se ao processo de amostragem sistemático, porém, ao invés de um início aleatório, são tomados múltiplos inícios aleatórios, o que representa uma estrutura em conglomerados com varias unidades (SANQUETTA *et al.*, 2009).

É importante observar que a utilização de um processo de amostragem acarreta a existência de um erro de amostragem, devido à medição de apenas parte da população e que quanto menor for esse erro de amostragem, mais precisas são as estimativas.

3.5. MÉTODOS DE AMOSTRAGEM

Segundo Husch *et al.* (1971), o método de amostragem para encontrar os objetivos do Inventário Florestal é determinado pelo tipo de unidade de amostragem, seu tamanho e forma, o número a ser empregado e a maneira de seleção e a distribuição sobre a área florestal, seguidos pelos procedimentos para medições nas unidades selecionadas e análise dos dados resultantes.

Segundo Péllico Netto e Brena (1997), método de amostragem é a abordagem da população considerando uma única unidade amostral. Existem vários

métodos de amostragem na literatura, destacando-se entre eles: método de área fixa; método de Bitterlich; método de Strand; método 3P de Grosenbaugh; método em linhas e o método de Prodan (SCOLFORO; MELLO, 1997; PELLICO NETO; BRENA, 1997; SANQUETA *et al.*, 2009). Destes, segundo Péllico Neto e Brena (1997), o método de área fixa é o mais conhecido e tradicional e apresenta as seguintes vantagens:

a) Obtenção de todos os estimadores diretamente da unidade amostral medida, como área basal, distribuição diamétrica, altura das árvores dominantes, volume, crescimento, mortalidade, etc.;

b) Praticidade e simplicidade no estabelecimento e na medição das variáveis dentro das unidades amostrais em campo, assim como apresenta alta correlação quando se trata de parcelas permanentes;

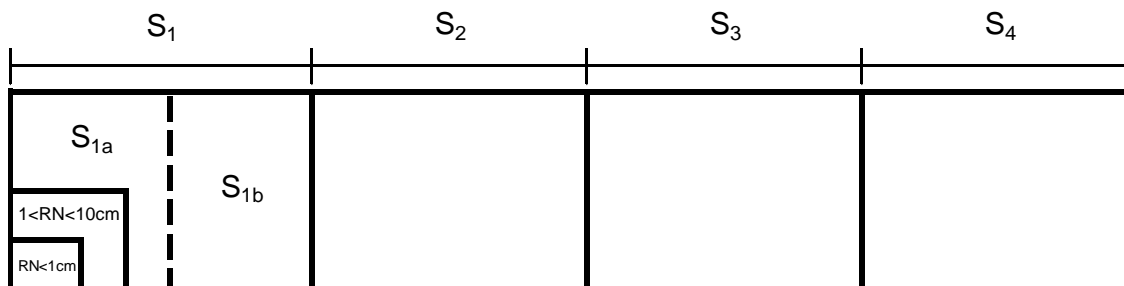
c) As unidades permanentes oferecem, nas remediações, a grande vantagem de manter alta correlação entre duas ou mais medidas sucessivas.

Como desvantagens, os métodos de área fixa apresentam alto custo de instalação e manutenção das parcelas e a escolha do tamanho e forma das parcelas deve permitir a amostragem de um número de árvores representativo para dar consistência às inferências (PIMENTEL-GOMES, 1988).

Um exemplo de parcela amostral de área fixa compartimentada é a descrita por Nakajima (2006), utilizada no Inventário Piloto Florístico-Florestal do Estado de Santa Catarina. A FIGURA 1 apresenta o esquema de uma unidade subdividida segundo o componente de amostragem, conforme metodologia do Inventário Piloto Florístico Florestal do Estado de Santa Catarina.

No que tange ao método de amostragem ou tamanho e forma das unidades de amostras utilizadas para a captação dos dados do inventário, Péllico Netto e Brena (1997) afirmaram que não há consistência na decisão sobre tamanho e forma de unidades de amostras ideais e sugere que se considere a experiência prática e um confronto entre precisão e custos.

FIGURA 1 - ESQUEMA DE UMA UNIDADE AMOSTRAL USADO NO INVENTÁRIO FLORÍSTICO FLORESTAL PILOTO DE SANTA CATARINA.



FONTE: NAKAJIMA (2006).

LEGENDA: S_{1a}) Árvores com $10 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 20 \text{ cm}$ nos primeiros 25 m da parcela (10 m x 25 m), totalizando 250 m².
 S_{1b}) Árvores com $20 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 30 \text{ cm}$ nos primeiros 50 m da parcela (10 m x 50 m), totalizando 500 m².
 S₂) Árvores com $30 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 40 \text{ cm}$ nos primeiros 100 m de parcela (10 m x 100 m), totalizando 1000 m².
 S₃) Árvores com $40 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 50 \text{ cm}$ nos primeiros 150 m da parcela (10 m x 150 m), totalizando 1500 m².
 S₄) Árvores com $\text{DAP} \geq 50 \text{ cm}$ em toda a parcela (10 m x 200 m), totalizando 2000 m².
 RN) Regeneração Natural.

3.5.1. Método de Amostragem de Área Fixa

No método de amostragem de área fixa a seleção dos indivíduos é feita de forma proporcional à área da unidade e essa área considerada possui sua forma e tamanho decidida muitas vezes pela praticidade e operacionalidade da localização da unidade no campo (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997).

O método de amostragem de área fixa é o mais antigo, conhecido e utilizado pelos profissionais da área florestal. Isso porque o método permite auferir uma vasta gama de estimativas e sua execução é bem simples. As unidades retangulares possuem maior dimensão se comparadas às demais formas, tendo em vista que são aplicadas em locais de maior heterogeneidade, com a finalidade de captar maior variabilidade (SANQUETA *et al.*, 2009).

Sanqueta *et al.* (2009), elencou as principais vantagens e desvantagens do método de amostragem de área fixa, quais sejam:

Vantagens:

- Praticidade e simplicidade na alocação das unidades;
- Manutenção de alta correlação entre duas ou mais medições sucessivas para inventários contínuos;

- Possibilidade de obter uma gama de estimadores na unidade, tais como: área basal, volume, distribuição diamétrica, etc.

Desvantagens:

- Maior custo na instalação e manutenção dos limites das unidades;

3.5.2. Tamanho e Forma das Unidades Amostrais

A unidade amostral ou parcela é o espaço físico sobre o qual são observadas e medidas as características quantitativas e qualitativas da população (HUSCH *et al.*, 1972).

Áreas delimitadas para observar e mensurar características qualitativas e quantitativas de uma população florestal são denominadas de parcelas ou unidades amostrais. Os inventários florestais podem ser constituídas de parcelas fixas, com tamanhos e formas diferentes. As mais utilizadas são as formas quadradas, retangulares, em faixas e circulares (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997).

É possível obter estimativas não tendenciosas de quantidades de madeiras a partir de qualquer tamanho e forma de parcelas, entretanto, a forma e tamanho ótimo a ser utilizado sob certas condições florestais é variável (HUSCH, 1971).

Para Schreuder, Gregoire e Wood (1992), as características de uma estimativa baseada em unidades amostrais de área fixa são afetadas pelo tamanho e forma das unidades amostrais. A escolha da forma da unidade amostral (circular, quadrada ou retangular) normalmente depende dos objetivos do inventário, do terreno, da composição florestal e da tradição.

Segundo Péllico Neto e Brena (1997), em geral, a forma e o tamanho das unidades amostrais têm sido decididas muito mais pela praticidade e operacionalidade de sua localização e demarcação em campo, do que por qualquer outra argumentação. De acordo com Loetsch (1964) e Spurr (1971), o tamanho e a forma das unidades amostrais devem ser decididos com base na experiência prática, na precisão das informações e no custo envolvido.

Vários autores têm se preocupado com o tema da eleição das unidades amostrais, como por exemplo: Queiroz (1977) em Santarém (PA); Silva (1980) em uma floresta tropical na região do Baixo Tapajós, PA; Higuchi, Santos e Jardim (1982) em uma floresta tropical úmida de terra firme a aproximadamente 90 km de

Manaus; Mello (1995), em um remanescente de floresta nativa no município de Lavras, MG; Bonetes (2003), na Floresta Nacional de Chapecó, no município de Guatambu, SC; Cavalcanti, Machado e Hosokawa (2009), em floresta amazônica ao norte do município de Sena Madureira, no estado do Acre; Ubialli et al. (2009), em uma Floresta Ecotonal na região Norte Mato-Grossense; Oda-Souza et al. (2010), que avaliaram a influência do tamanho e forma da unidade amostral e Oliveira (2014), em floresta Amazônica na região de Manaus, estado do Amazonas. Da mesma maneira, autores como Köhl et al. (2006), Wulder et al. (2012), Gregoire et al. (2011), Stahl et al. (2011) e Naesset et al. (2013) abordam questões relacionadas às unidades amostrais e sua conformação em campo.

Para Husch *et al.* (1972), o tamanho da parcela deve ser suficientemente grande para incluir pelo menos 20 árvores medidas e, pequena o suficiente para não requerer um tempo de medição excessivo. Em outras palavras, parcelas grandes são geralmente requeridas para grandes árvores e para povoamentos abertos, enquanto parcelas pequenas são necessárias para densos bosques e árvores pequenas. Os autores afirmam que as características de uma estimativa baseada em unidades amostrais de área fixa são afetadas pelo tamanho e forma das unidades amostrais.

De acordo com Felfili *et al.* (2005), o tamanho mínimo de uma unidade amostral deve ser aquele que reflita a estrutura da comunidade, e a amostragem deve ser suficientemente grande para representar adequadamente a diversidade da área estudada. Portanto, as unidades amostrais devem conter as variações naturais da fisionomia, por exemplo, áreas mais fechadas ou mais abertas, de modo que a variância entre parcelas seja minimizada.

Péllico Netto e Brena (1997) utilizaram os estudos feitos por Péllico Netto em 1979, que considerou que o tamanho da unidade amostral depende de outros fatores igualmente relevantes para sua definição tais como: o tamanho da área a ser inventariada, os tempos de deslocamento, os tempos de medição, o número de horas a serem trabalhadas por dia, as condições de acesso à área e dentro dela e as adversidades de penetração na floresta.

Segundo Husch *et al.* (1972), em florestas suficientemente homogêneas a precisão para uma determinada intensidade amostral tende a ser maior para unidades amostrais pequenas, pois o número de unidades amostrais independentes

é grande. Entretanto, o tamanho de unidades amostrais é também influenciado pela variabilidade da floresta. Quando são utilizadas pequenas unidades de amostra no inventário de florestas heterogêneas, altos coeficientes de variação são obtidos. Nesses casos, unidades amostrais maiores são recomendadas.

Os coeficientes de variação em populações florestais tropicais variam em função da unidade de amostra utilizada; em unidades de amostra de pequeno tamanho, a maior fonte de variação está entre as unidades de amostra e, em unidades de grande tamanho, a maior fonte de variação está contida dentro da unidade de amostra. A variabilidade da população apresenta uma relação estreita com o tipo de floresta. Por exemplo, em florestas de zonas aluviais baixas, a variabilidade é alta, em zonas altas, bem drenadas, esta variação é menor e em condições específicas de sítio ou de unidades edáficas, a variação é relativamente baixa (LAMPRECHT, 1990).

Segundo Ogaya (1968), unidades amostrais de pequenas dimensões oneram os custos do inventário em virtude do aumento no número de parcelas para cobrir a mesma superfície levantada. A abertura de picadas e os deslocamentos de pessoal representam acréscimos nos custos dos levantamentos em florestas tropicais. Por essa razão e considerando que a escolha do tamanho da parcela é uma relação entre a teoria estatística, as condições práticas mais favoráveis de trabalho e os custos, este recomenda o emprego de parcelas retangulares com 20 m de largura e 100m a 125 m de comprimento.

Silva (1980) testou a eficiência de diversos tamanhos e formas de unidades amostrais aplicadas em inventário florestal na Região do Baixo Tapajós. Os resultados alcançados permitiram concluir que as unidades amostrais quadradas apresentam menor tempo total de medição, quando comparadas com outras formas de mesmo tamanho. Para as condições da região estudada e, considerando a amplitude de tamanhos usada no trabalho, às unidades amostrais quadradas de 900 m² para população menor de 45 cm de DAP e de 2.500 m², para os diâmetros superiores a 45 cm, foram mais eficientes que os demais tamanhos e formas testadas.

Segundo Silva (1997), o tamanho e forma das unidades de amostra pode ser variável conforme a situação ou mesmo com a própria preferência do inventariador. Convém, no entanto, observar, que em florestas tropicais, as unidades compridas e

estreitas (retangulares, por conseguinte) são as que melhor detectam as variações devido à distribuição espacial das espécies, e a variabilidade tipológica da floresta. O tamanho também pode ser variável, se for preferido utilizar transectos ou unidades de tamanho fixo. Unidades de amostra retangulares de 1000x10m, 500x20m ou de 250x10m têm sido muito utilizadas em inventários florestais na região.

É possível obter estimativas não tendenciosas de quantidades de madeiras a partir de qualquer tamanho e forma de parcelas, entretanto, a forma e tamanho ótimo a ser utilizado sob certas condições florestais é variável (HUSCH, 1971).

O tamanho da parcela deverá ser suficientemente grande para incluir pelo menos 20 a 30 árvores medidas e pequena o suficiente para não requerer um tempo de medição excessivo. Em outras palavras, unidades amostrais grandes são geralmente requeridas para grandes árvores e para povoamentos abertos, enquanto unidades pequenas são necessárias para densos bosques e árvores pequenas (SPURR, 1952).

Nash e Rogers (1975) comentaram que as unidades amostrais circulares são muito usadas em áreas planas ou suavemente onduladas. Suas vantagens são que o centro da unidade amostral define o perímetro, porque a distância dos extremos (raio) é a mesma em todas as direções e o número de árvores de bordadura é mínimo. Os autores salientam que as unidades quadradas são de uso mais popular em florestas temperadas do que em florestas tropicais. Contudo, poderiam ser aplicadas nesse tipo de floresta, desde que o sub-bosque não fosse tão denso ou onde o número de árvores por hectare não fosse elevado. Já as unidades retangulares, são a forma mais utilizada em florestas tropicais. Contudo, alguns pontos devem ser considerados em sua aplicação:

a) o número de árvores de bordadura em unidades amostrais retangulares é máximo quando comparado com qualquer outra forma de mesma área;

b) as unidades amostrais retangulares não deveriam exceder a 30 metros de largura, ou 15 metros de cada lado da linha central. Unidades amostrais mais largas tornam difícil o controle das bordaduras, aumentando a probabilidade de erros;

c) as unidades amostrais retangulares, quando bem longas em relação à largura, podem englobar mais de um tipo florestal. Se as estimativas devem ser realizadas por tipo, a enumeração, por conseguinte, deve também ser executada

separadamente para cada tipo. Neste caso, o principal problema que se apresenta é que as mudanças no tipo florestal nem sempre serão bem definidas, ocorrendo normalmente zonas de transição entre tipos.

As características de uma estimativa baseada em unidades amostrais de área fixa são afetadas pelo tamanho e forma das unidades amostrais. A escolha da forma da unidade amostral (circular, quadrada ou retangular) normalmente depende dos objetivos do inventário, do terreno, da composição florestal e da tradição (SCHREUDER *et al.*, 1992).

Bormann (1953), citado por Soares (1980), sugeriu o uso de unidades amostrais retangulares, sendo que o eixo maior deve atravessar qualquer variação observada na topografia, solo ou vegetação.

Em relação à forma, Daubenmire (1968), citado por Ziller (1992), afirmou que as parcelas retangulares tendem a ser mais representativas do que as quadradas ou circulares, o que é facilmente explicável, considerando-se que os indivíduos representantes das espécies distribuem-se muitas vezes em agrupamentos 1:8 isodiamétricos. Parcelas alongadas têm maior probabilidade de interceptar partes de vários agrupamentos sem passar diretamente por eles, enquanto que as parcelas isodiamétricas podem cair inteiramente sobre um agrupamento ou inteiramente num espaço entre grupos, tornando os registros tão diversificados que seria necessário amostrar um número muito grande de parcelas para possibilitar a obtenção de uma média razoável.

Os coeficientes de variação em populações de florestas tropicais variam grandemente em função da unidade de amostra utilizada; em amostras de pequeno tamanho, a maior fonte de variação está entre as unidades de amostra e, em amostras de grande tamanho, a maior fonte de variação está contida dentro das próprias unidades amostrais. A variabilidade da população está em relação estreita com o tipo de floresta; por exemplo, em florestas de zonas aluviais baixas, a variabilidade é alta, em zonas altas, bem drenadas, esta variação é menor e em condições específicas de sítio ou condicionantes edáficas, a variação é relativamente baixa (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997).

Segundo Silva (1997), o tamanho e forma das unidades de amostra pode ser variável conforme a situação ou mesmo com a própria preferência do inventariador. Convém, no entanto, observar, que em florestas tropicais, as unidades compridas e

estreitas (retangulares, por conseguinte) são as que melhor detectam as variações devido à distribuição espacial das espécies, e a variabilidade tipológica da floresta. O tamanho também pode ser variável, se for preferido utilizar transectos ou unidades de tamanho fixo. Unidades de amostra retangulares de 1000x10m, 500x20m ou de 250x10m têm sido muito utilizadas em inventários florestais na região.

Queiroz (1977), utilizando o Coeficiente de Variação como critério de seleção de alternativas de sistema de amostragem, avaliando a população arbórea com $DAP \geq 30$ cm, na floresta da região de Curuá-Una, no Pará, variou o tamanho da unidade de amostra de 400 m² a 10.000 m² e concluiu que, para a variável volume, o tamanho ideal da unidade de amostra foi de 3.200 m² para a população estudada. Esse mesmo autor definiu também que a distância entre as unidades de amostra e o centro dos conglomerados utilizados para inventários florestais não deveria ser inferior a 50 metros. Silva (1980), trabalhando na mesma região, definiu o tamanho da unidade de amostra em 0,09 ha para avaliação da regeneração natural da floresta, e o tamanho de 0,25 ha, para a avaliação da população adulta. No referido estudo, o autor considerou como regeneração natural a população com $15 \text{ cm} \leq DAP < 45 \text{ cm}$. Como população adulta, o autor considerou as árvores com $DAP \geq 45 \text{ cm}$.

Higuchi *et al.* (1982), trabalhando na Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA, no Centro de Apoio da ZF-2, no Distrito Agropecuário da Zona Franca de Manaus, testaram diferentes tamanhos e formas de unidades de amostra, em uma população vegetal 100% conhecida, a fim de definir o ideal. Para uma população de $DAP \geq 25$ cm, os autores selecionaram o tamanho de 37,5 x 150 m.

Na mesma área, Higuchi *et al.* (1987), comparando a amostragem sistemática com a amostragem aleatória, concluíram pela vantagem da primeira, em função do menor erro amostral.

O tamanho da unidade de amostra recomendado, em inventários que medem árvores com $DAP \geq 20$ cm, é de 2.500 m² (retangular), tanto para o Amazonas como a Flona de Tapajós (QUEIROZ, 1977; HIGUCHI *et al.*, 1982).

As unidades retangulares são utilizadas, geralmente, com dimensões maiores, onde se tem maior variabilidade da formação vegetal ou para captar uma maior variabilidade na floresta. Podem ser de vários tamanhos, mas para inventários

quantitativos são recomendados tamanhos entre 1.000 m² a 10.000 m². Um tamanho usual é 2.500 m², (10m x 250m) isto é, ¼ de hectare. As parcelas retangulares mais estreitas e longas facilitam em muito a instalação e consequentemente as medições. Isto porque o trabalho de inventário pode se resumir a uma picada central de onde se controla a distância com uma corda ou trena. Assim, a inclusão de árvores na unidade amostral se constitui em tarefa relativamente fácil, mas é importante considerar que nesse tipo de parcela a quantidade de árvores marginais tende a aumentar.

Para esses autores anteriormente citados, devido à grande variação de tipologias e espécies que ocorrem nas florestas naturais do Brasil, as unidades retangulares têm sido preferidas. Unidades com até 250 metros de comprimento têm permitido detectar a variação de espécies, normalmente ocorrentes em comunidades ou unidades gregárias, dentro de diferentes tipologias.

Péllico Netto e Brena (1997) utilizaram os estudos feitos por Péllico Netto em 1979, que considerou que o tamanho da unidade amostral depende de outros fatores igualmente relevantes para sua definição tais como: o tamanho da área a ser inventariada, os tempos de deslocamento, os tempos de medição, o número de horas a serem trabalhadas por dia, as condições de acesso à área e dentro dela e as adversidades de penetração na floresta.

O sucesso do inventário florestal está ligado à definição correta do processo de amostragem, do tamanho e forma das unidades amostrais e da intensidade da amostragem, requisitos básicos para a obtenção de informações com precisão (UBIALLI *et al.*, 2009).

3.6. METODOLOGIAS EMPREGADAS EM INVENTÁRIOS FLORESTAIS NA AMAZÔNIA

Nyyssonen (1978) citado por Ubialli *et al.* (2009), relatou que a atividade de inventário florestal na Amazônia brasileira teve início na década de 50, com a vinda de uma missão da FAO (Food and Agricultural Organization), cujos inventários cobriram uma área de 20 milhões de hectares. A amostragem foi executada em faixas, geralmente de 10 km de comprimento, nas quais, o terceiro, sexto e décimo

quilômetros eram enumerados, utilizando-se de unidades de amostras de um quilômetro de comprimento por 10 metros de largura.

Segundo Fearnside (2006) *apud* Oliveira (2010), a Amazônia brasileira tem uma grande riqueza florística, mas os representantes dessa flora e a sua distribuição ainda são pouco conhecidos. Para ter um conhecimento correto da Amazônia é preciso estudos de quantificação e qualificação da vegetação existente. Para tanto, utiliza-se como ferramenta de estudo, o inventário florestal.

Um dos grandes problemas nos inventários realizados na floresta amazônica é a grande variabilidade de metodologias empregadas, principalmente no que se refere a tamanho e forma de parcela e a definição do diâmetro mínimo de inclusão (OLIVEIRA, 2010).

Segundo Higuchi, Santos e Jardim (1982), é fundamental compreender que não existe, entretanto, um sistema de amostragem que pode ser universalmente aplicado, ou seja, para cada situação florestal existe um adequado tipo de amostragem.

Oliveira (2000) revisou os principais inventários quantitativos de árvores em Mata de Terra Firme na Amazônia, enfocando os estudos desenvolvidos no território brasileiro e neste estudo comparações entre diferentes estudos foram dificultadas devido a grande variedade de metodologias empregadas, principalmente quanto a forma e tamanho da área amostral, e diâmetro de inclusão. Ainda segundo o mesmo autor, amostra de um hectare, utilizando a metodologia usual, tem fornecido informação insuficiente sobre a comunidade e não permitem a extrapolação dos resultados para áreas adjacentes e sugere um novo direcionamento dos estudos de inventários quantitativos de árvores na Amazônia brasileira. E ainda segundo esse autor é necessário utilizar metodologias com maior eficiência e que permitam a extrapolação dos dados para um universo melhor definido e efetivamente maior do que a área amostrada.

Os principais estudos do componente arbóreo em florestas de terra firme na Amazônia e a riqueza encontrada foram apresentados por Oliveira (2000) na tabela 1 a seguir, onde são informados os tamanhos de amostra, categorias de DAP mínimos utilizados em cada um dos inventários e os resultados de N° de indivíduos, N° de espécies e espécies/ha.

Oliveira (2000) fez uma revisão dos primeiros inventários florestais realizados na Amazônia. O primeiro inventário constatado na Amazônia foi realizado em 1934, na Guiana Inglesa. O inventário teve como tamanho de parcelas 1,5 ha (122 m x 122 m) e foi utilizado $DAP \geq 10$ cm. O número de árvores por parcela encontrado foi de 460 a 919. Em 1948 ocorreu o primeiro inventário florestal na Amazônia brasileira, com o intuito de obter o potencial de madeira para carvoaria. Foram utilizados os $DAP \geq 15$ cm e $DAP \geq 30$ cm, sendo encontrado o número de árvores por hectare de 891 e 124 para os respectivos DAPs mínimos.

Em 1956 foi realizado o primeiro inventário no médio Rio Amazonas, na Reserva Ducke com o intuito de se obter o potencial madeireiro da região. Para este trabalho foi utilizado $DAP \geq 8$ cm, em parcelas de 1 ha. Foram encontradas 735 árvores por hectare.

Nyyssonen (1978) descreveu que a atividade de inventário florestal na Amazônia Brasileira iniciou na década de 50, com a vinda de uma missão da FAO (Food and Agricultural Organization), cujos levantamentos cobriram uma área de 20 milhões de hectares. A amostragem foi executada em faixas, geralmente de 10 km de comprimento, nas quais, o terceiro, sexto e décimo quilômetros eram enumerados, utilizando-se de unidades de amostras de 1 quilômetro de comprimento por 10 metros de largura.

TABELA 1 - PRINCIPAIS ESTUDOS DO COMPONENTE ARBÓREO EM FLORESTAS DE TERRA-FIRME NA AMAZÔNIA E A RIQUEZA ENCONTRADA.

Autor	Localidade	Amostra (m)	DAP (cm)	Nº ind.	Nº sp	sp/ ha
Ferreira & Prance, 1998	Brasil, Jaú	4 (100x100)	10	639-713	315	137-168
Oliveira, 1997	Brasil, Manaus	3(100x100)	10	1916	513	280-285
Dulvenvoorden, 1996	Colômbia, Caquetá	40 (20X50)	10	2874	668	252 ± 21
Valencia <i>et al.</i> , 1994	Equador	100x100	10	693	307	307
Almeida <i>et al.</i> , 1993	Brasil, Caxiuanã	4 (25x400)	10	2441	338	147-196
Milliken <i>et al.</i> , 1992	Brasil, Maré	20x500	10	643	201	201
Silva <i>et al.</i> , 1992	Brasil, Juruá	4 (10x1000)	10	3158	556	213-271
Faber-Langendoen & Gentry, 1991	Colômbia, Chocó	100x100	10	675	258	258
Salomão, 1991	Brasil, Marabá	3 (20x1000)	10	3147	237	101-109
Maciel & Lisboa, 1989	Brasil, Rondônia	1 ha	9,55	602	90	90
Mori <i>et al.</i> , 1989	Brasil, Amapá	QC	10	1000	205	-
Silva & Rosa, 1989	Brasil, Carajás	2 (10x1000)	9,55	1022	>121	118-121
Salomão & Lisboa, 1988	Brasil, Ji-Paraná	500x20	9,55	564	164	164
Salomão <i>et al.</i> , 1988	Brasil, Carajás	2* 500x10	10	484	122	122
Gentry, 1988a	Peru, Yanamono	1ha	10	508	283	283
Gentry, 1988a	Peru, Mishana	1ha	10	842	275	275
Gentry, 1988a	Peru, Cocha Cashu	1ha	10	650	189	189
Gentry, 1988a	Peru, Cabeza de Mono	1ha	10	520	169	169
Gentry, 1988a	Peru, Tambopata	1ha	10	585	168	168
Gentry, 1988a	Brasil / Venezuela	1ha	10	493	89	89
Balée, 1987	Brasil, També	1ha	10	456	138	138
Baslev <i>et al.</i> , 1987	Equador, Yasuni	QC	10	804	244	228
Mori & Boom, 1987	Guiana Francesa	QC	10	800	295	-
Silva <i>et al.</i> , 1987	Brasil, Carajás	10x1000	9,55	456	210	210
Absy <i>et al.</i> , 1986/87	Brasil, Jarú	6 (10x1000)	10	2235	278	103-136
Balée, 1986	Brasil, Maranhão	20x500	10	498	117	117
Boom, 1986	Bolívia, Alto Ivon	10x1000	10	649	94	94
Campbell <i>et al.</i> , 1986	Brasil, Xingu	10x3000	10	1420	265	118-133
Silva <i>et al.</i> , 1986	Brasil, Carajás	20x500	9,55	516	125	125
Uhl & Murphy, 1981	San Carlos, Venezuela	1 ha	10	744	83	83
Dantas <i>et al.</i> , 1980	Brasil, Capitão Poço	40* (10x25)	9,55	504	120	120
Dantas & Muller, 1979	Brasil, Transamazônica	40* (10x25)	9,55	578	101	101
Prance <i>et al.</i> , 1976	Brasil, Manaus	125x80	15	350	179	179
Rodrigues, 1963	Brasil, Amapá	11* (10x100)	15	347		
Rodrigues, 1963	Brasil, Amapá	15* (10x100)	15	307	96	96
Cain <i>et al.</i> , 1956	Brasil, Belém	20* (10x100)	10	1188	173	144
Pires <i>et al.</i> , 1953	Brasil, Belém	3,5 ha	10	1482	179	108
Black <i>et al.</i> , 1950	Brasil, Belém	100x100	10	423	87	87

QC= quadrante centrado, - dado não disponível, * número de parcelas

FONTE: OLIVEIRA (2000).

Durante quase uma década (1957 até 1966) aconteceu a missão da FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação) na Amazônia, em que foram inventariados pelo menos 1362 ha sendo utilizados os DAPs mínimos de 25 cm e 45 cm. Os resultados dessa missão foram publicados pela SUDAM (Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia) em 1974.

Nos anos 70 ocorreu a missão do RADAMBRASIL, o qual foi considerado o maior inventário florestal da Amazônia, com aproximadamente 2000 ha, em que todos os indivíduos arbóreos com $DAP \geq 32$ cm foram medidos.

A partir de 1950 ocorreram levantamentos florestais em toda a Amazônia, no Brasil nos estados do Pará, Amazonas, Roraima, Rondônia, Amapá, Mato Grosso, além de outros países da América Latina. Em nenhum desses inventários foi justificado o uso dos tamanhos de parcelas (OLIVEIRA, 2010).

Atualmente o Laboratório de Manejo Florestal do INPA utiliza em seus levantamentos florestais, parcelas de 20 m x 125 m (2500m²) em que são mensurados todos os indivíduos arbóreos com $DAP \geq 10$ cm. Para regeneração natural é utilizada parcelas de 20 m x 10 m (200 m²) e medidos os indivíduos arbóreos com $5 \leq DAP \leq 10$ cm. (LMF, 2009). Essa metodologia tem-se estendido para todos os inventários realizados pelo LMF/INPA em todo o estado do Amazonas.

A metodologia a ser desenvolvida no inventário, segundo Husch (1971), não deve ser baseada apenas na preferência do planejador, mas alicerçada em uma pesquisa científica específica visando determinar o tamanho e a forma que, para as condições da região em estudo, proporcionem as informações desejadas em um nível de precisão aceitável e com um mínimo de custo.

Diretamente ligada à adequação de tamanhos e formas de unidades de amostra, em florestas nativas, entre outros pesquisadores citam-se os estudos a seguir.

Queiroz (1977), utilizando o Coeficiente de Variação como critério de seleção de alternativas de sistema de amostragem, estudou os efeitos da variação estrutural em unidades amostrais na aplicação do processo de amostragem em conglomerados nas florestas do Planalto do Tapajós, avaliando a população arbórea com $DAP \geq 30$ cm, na floresta da região de Curuá-Una, no Pará, variou o tamanho da unidade de amostra de 400 m² a 10.000 m² e concluiu que, para a variável volume, o tamanho ideal da unidade de amostra foi de 3.200 m² para a população

estudada, tamanho esse determinado como ideal para as unidades de registro dos conglomerados. Esse mesmo autor definiu também que a distância entre as unidades de amostra e o centro dos conglomerados utilizados para inventários florestais não deveria ser inferior a 50 metros.

Silva (1980) testou a eficiência de diversos tamanhos e formas de unidades amostrais aplicadas em inventário florestal na Região do Baixo Tapajós. Os resultados alcançados permitiram concluir que as unidades amostrais quadradas apresentam menor tempo total de medição, quando comparadas com outras formas de mesmo tamanho. Para as condições da região estudada e, considerando a amplitude de tamanhos usada no trabalho, as unidades amostrais quadradas de 900 m² (para árvores com diâmetros variando de 15 a 44,9 cm) e de 2.500 m² (para árvores com diâmetros iguais ou superiores a 45 cm) foram mais eficientes que os demais tamanhos e formas testadas. Além disso, parcelas retangulares de 10 m de largura mostraram-se menos eficientes que as circulares, enquanto que as retangulares de 20 m foram até 140% mais eficientes que o mesmo tamanho da forma circular, bem como as amostras retangulares de 20 m de largura foram superiores às de 10 m, sendo o tamanho de 1000 m², 311% mais eficiente.

Higuchi, Santos e Jardim (1982) trabalhando na Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA, no Centro de Apoio da ZF-2, no Distrito Agropecuário da Zona Franca de Manaus, investigou sobre o tamanho ideal de parcela amostral para inventários florestais, feita com base em 32 diferentes tamanhos, simulados, sobre Inventário Florestal a 100% de uma área de 80 ha de floresta tropical úmida de terra firme, com árvores de DAP maior ou igual a 25 cm, a fim de definir o ideal. Para uma população de DAP ≥ 25 cm, os autores selecionaram o tamanho de 37,5 x 150 m. Na mesma área, Higuchi *et al.* (1987), comparando a amostragem sistemática com a amostragem aleatória, concluíram pela vantagem da primeira, em função do menor erro amostral.

Higuchi (1986), em seu estudo de comparação entre o censo e os processos de amostragem aleatória e sistemática em uma floresta tropical úmida de terra firme na região de Manaus, utilizou-se de unidades amostrais de 5000 m² (25 m x 200 m), empregadas com sucesso na região, e confirmou que tal tamanho proporciona boas precisões nas estimativas.

Machado (1988) realizou o estudo comparativo dos resultados obtidos no censo florestal de 3.012 hectares com os resultados obtidos na amostragem sistemática em conglomerados, utilizando unidades amostrais de 3.750 m² na Floresta Nacional de Tapajós, Estado do Pará. O volume total e o número de árvores para todas as espécies, obtidos através da amostragem em conglomerados, foram muito próximos dos valores reais. Desta forma, as estimativas para o total são seguras. Os mesmos parâmetros, quando comparados ao nível de espécies, não são de confiança. Existia a expectativa de que as estimativas dos parâmetros fossem aproximadas dos valores reais, mas isto não foi confirmado, pelo menos para as espécies comparadas. Informações do volume e do número de árvores por classe de diâmetro foram confiáveis para o total das espécies, mas não quando estimados ao nível de uma determinada espécie.

De acordo com Lamprecht (1990), Marmillod (1982) realizou pesquisas na floresta amazônica peruana e indicou a área mínima da unidade amostral de um hectare para uma amostragem representativa do povoamento, em seu conjunto e para pesquisas sobre a dinâmica florestal. Para uma visão completa sobre a composição florística e a estrutura do povoamento total recomendou a área mínima de 3 a 5 hectares. Lamprecht (1992) cita Oldemann (1979), que recomenda áreas de extensão de 5 a 10 hectares. Na prática, devido ao extenso volume de trabalho requerido, freqüentemente será necessário dar-se por satisfeito com áreas de menor extensão para a amostragem. No entanto, pelo menos em florestas higrófilas, dever-se-ia evitar uma amostragem com áreas inferiores a um mínimo de um hectare.

Em estudos de estrutura e dinâmica de crescimento de florestas tropicais primárias e secundárias, no Estado do Pará, Gomide (1997) utilizou unidades amostrais de 50 metros por 50 metros (0,25 ha).

Cavalcanti, Machado e Hosokawa (2009) em seu trabalho no estado do Acre definiu, através do teste de diferentes tamanhos de unidades de amostra, a intensidade amostral necessária para satisfazer as exigências da NT 01/07 (BRASIL, 2007) e subsidiar o Serviço Florestal Brasileiro na definição da metodologia de inventários amostrais em florestas públicas passíveis de concessão florestal, concluindo que o erro amostral em porcentagem e o coeficiente de variação se estabilizaram a partir do tamanho da unidade amostral de 0,75 ha, embora apresentem pequenas flutuações, chegando a um mínimo para tamanhos de 2 ha.

Os valores estimados por hectare da abundância, da área basal e do volume constituem estimativas bem próximas de seus respectivos valores verdadeiros, tanto para unidades amostrais de 1 ha como de 2 ha.

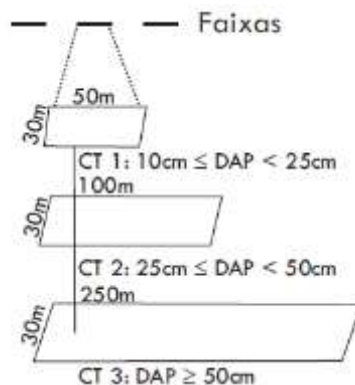
Na Amazônia, há estudos apontam que parcela de 2.500 m² é suficiente para cobrir as variações (volume) de uma determinada área florestal com DAP \geq 20 cm, ou seja, um conjunto com aproximadamente 50 árvores. Conforme Higuchi, Santos e Lima (2008), em inventários na Amazônia, a maioria utiliza a amostragem em dois estágios, ou seja, seleciona aleatoriamente a unidade primária e distribui as unidades secundárias de forma sistemática. Segundo estes mesmos autores, num inventário na Amazônia, para árvores com DAP \geq 10 cm, você deve utilizar uma parcela de, no mínimo 2.500 m² (10 x 250m ou 20 x 125m).

Oliveira (2010) simulou diversos tamanhos e formas de parcelas em diferentes diâmetros mínimos para inventários florestais de volume de madeira e estoque de carbono de espécies arbóreas da Amazônia Central, considerando um baixo custo de inventário sem perder a precisão. Os resultados deste trabalho demonstram os tamanhos de parcela que obtiveram melhores resultados foram os de 1000m², 800m², 1200m², 2000m² e 10.000m² respectivamente, para os DAP's mínimos de 5,10, 20, 25 e 45 centímetros. E o tamanho de parcela utilizada pelo LMF/INPA 2500 m² é de fato um tamanho ótimo de parcela não apenas para a categoria de DAP \geq 10 cm, mas também para as categorias de DAPs mínimos de 20 cm e 25 cm.

Andrade *et al.* (2015) realizou inventário florestal de grandes áreas na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, adotando como sistema de amostragem a instalação de faixas de inventário, ao longo das faixas foram alocadas as parcelas de inventário de 30 m x 250 m, equidistantes a 500m, distribuídas de forma sistemática. Ao total foram alocadas 204 parcelas totalizando uma amostra de 153 hectares. As parcelas foram inventariadas com base nas seguintes classes de diâmetro das árvores: C-1 = 10 cm \leq DAP < 25 cm nos primeiros 50 m da parcela (30 m x 50 m); C-2 = 25 cm \leq DAP < 50 cm nos primeiros 100 m (30 m x 100 m); e C- 3 = DAP \geq 50 cm em toda a parcela (30 m x 250 m), conforme ilustrado na FIGURA 2. Os resultados deste trabalho demonstram que o sistema de amostragem adotado mostrou ser operacional com um número razoável de pessoas envolvidas e que a boa precisão do inventário amostral para a variável volume, associada aos

baixos custos, rapidez na execução e qualidade dos dados obtidos permitem recomendar o método de amostragem adotado para utilização em outras áreas, de grande extensão, de floresta tropical densa.

FIGURA 2 – SISTEMA DE AMOSTRAGEM ADOTADO EM INVENTÁRIO FLORESTAL DE GRANDES ÁREAS NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS.



FONTE: ANDRADE *et al.* (2015).

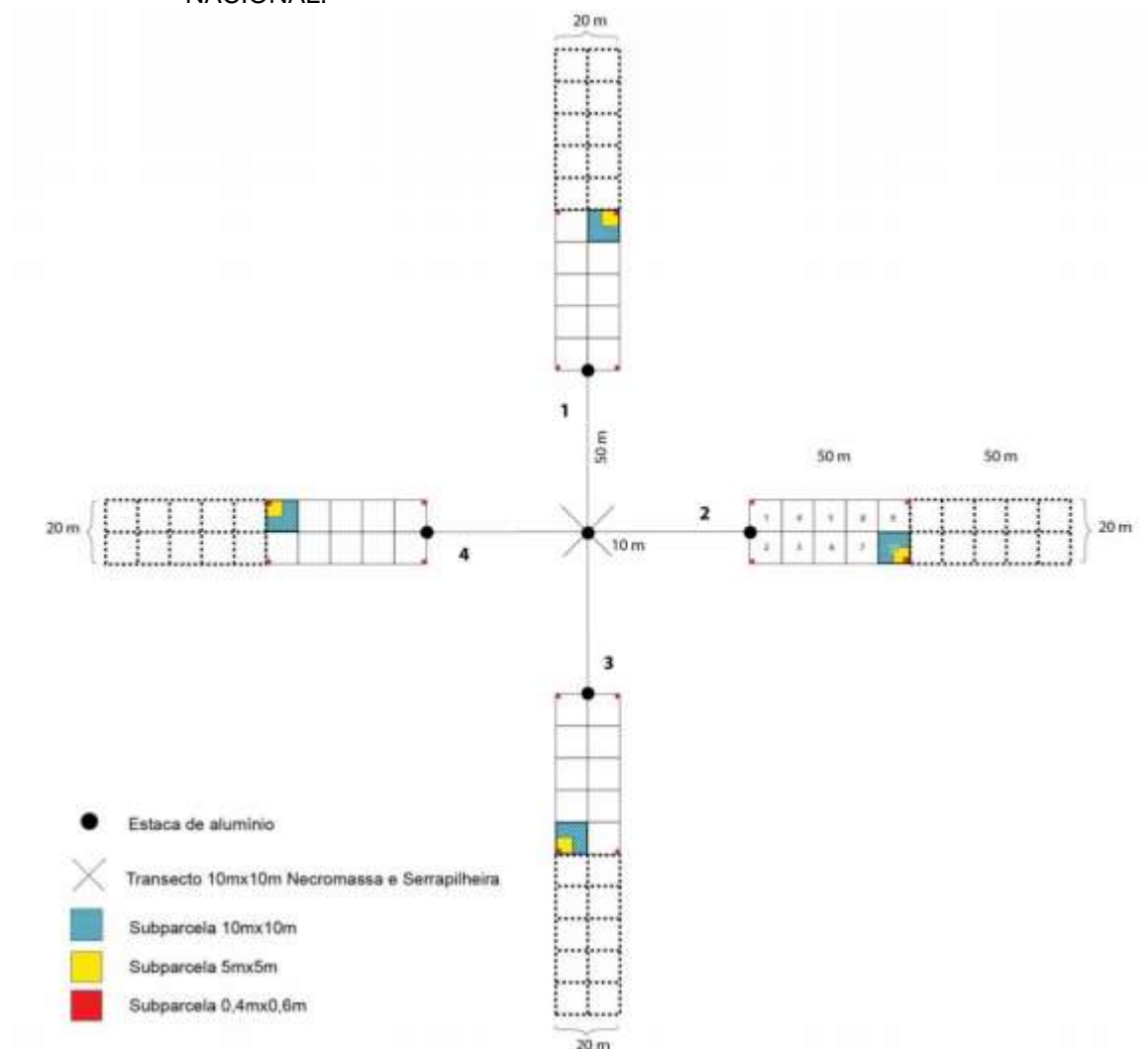
O Serviço Florestal Brasileiro coordena o projeto do Inventário Florestal Nacional (IFN) com o propósito de produzir informações sobre as florestas em todo o território brasileiro. O uso e a conservação dos recursos naturais são de importância estratégica para o país e, nesse contexto, o Inventário Florestal Nacional é um passo fundamental para produzir informações confiáveis e de forma regular sobre os recursos florestais do Brasil.

O objetivo principal do IFN é produzir informações sobre os recursos florestais, de florestas naturais e plantadas, para subsidiar a formulação de políticas públicas visando o uso e conservação de recursos florestais. Foi concebido como um inventário florestal contínuo para monitorar as mudanças relacionadas às florestas a cada cinco anos e utiliza uma metodologia padronizada. Sendo um projeto em nível nacional, a adoção de uma metodologia única para a coleta dos dados em todo o País é fundamental para permitir a produção de estatísticas nacionais (SFB, 2014).

A metodologia que vem sendo aplicada na execução do IFN do Brasil é baseada em um sistema de amostragem sistemática, considerando uma grade regular de pontos amostrais de 20 km x 20 km, distribuídos em todo o território nacional (grade nacional). Em cada ponto da grade será instalada uma unidade amostral (conglomerado). O método de amostragem é o de área fixa, utilizando

conglomerados compostos por quatro subunidades perpendiculares em relação ao seu ponto central (SFB, 2014). A configuração detalhada é apresentada na FIGURA 3.

FIGURA 3 – ESTRUTURA DO CONGLOMERADO ADOTADO NO INVENTÁRIO FLORESTAL NACIONAL.



FONTE: SFB (2014).

O conglomerado tem a forma da cruz de malta, constituída de quatro subunidades retangulares, orientadas na direção dos pontos cardeais e numeradas de 1 a 4. Nos conglomerados serão coletados dados da vegetação, do solo, da necromassa e da serrapilheira. Nos Biomas Mata Atlântica, Caatinga, Cerrado, Pantanal e Pampa as subunidades do conglomerado tem 20 m x 50 m, enquanto que no Bioma Amazônia as subunidades tem dimensões de 20 m x 100 m. Dentro dos limites das subunidades, além das subparcelas de 10 m x 10 m, serão

demarcadas, no interior da última subparcela de 10m x 10m, uma subparcela de 5 m x 5 m, onde será avaliada a regeneração natural. Também serão demarcadas quatro subparcelas de 0,4 m x 0,6 m, nos extremos da subunidade 20 m x 50 m (subparcelas 1, 2, 9 e 10), onde será avaliada a cobertura de plantas herbáceas (SFB, 2014).

Segundo SFB (2016), as atividades do Inventário Florestal Nacional foram intensificadas em 2016, englobando ações relativas às articulações institucionais, aos debates de aprimoramento da metodologia do IFN, à coleta de dados em campo, à recepção e identificação de material botânico da região amazônica e à divulgação dos trabalhos do projeto. Atualmente, o IFN finalizou a coleta em três regiões do bioma Amazônia: no estado de Rondônia, na região noroeste do estado de Mato Grosso e na região sudeste do estado do Pará.

3.7. CONSIDERAÇÕES SOBRE PRECISÃO E EFICIÊNCIA RELATIVA DE UNIDADES AMOSTRAIS

É comum dizer que, em qualquer aplicação de amostragem, precisão e custo são duas variáveis intimamente interligadas e que a especificação de uma implica automaticamente a determinação da outra (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997).

Avery e Burkhardt (1983) afirmam que a melhor estrutura de amostragem de um dado problema de estimativa é aquela que estabelece a precisão desejada pelo menor custo. Para eles, isso é feito com o produto entre o quadrado do erro padrão e o tempo (custo = tempo).

Segundo Nakajima (1997), a eficiência do método de amostragem selecionado (tipo, forma e tamanho) é influenciada em grande parte pela tipologia florestal, grau de degradação da floresta e pela topografia da área, sendo que a adequação do método de amostragem às condições florestais possibilitará um aumento na precisão nas estimativas das variáveis correntes de interesse e, conseqüentemente, uma redução do tempo de execução, o que refletirá na redução de custos, para um mesmo esforço de amostragem. Este mesmo autor afirma que para se poder comparar diferentes métodos de amostragem como o de área fixa de diferentes formas com os de área variável, como os métodos de Bitterlich e Strand,

deve-se “transformar” os métodos para uma mesma base de comparação, como a padronização do número de árvores por unidade amostral.

Freese (1962) propõe incluir o custo como um indicador para comparar tamanhos de unidades amostrais, tendo ele importante participação no contexto de avaliação da eficiência das unidades amostrais de diferentes tamanhos e ainda pode-se usar a combinação dos erros amostrais ou dos coeficientes de variação com os respectivos custos de amostragem.

Péllico Netto e Brena (1997) relatam que, se o objetivo for comparar vários tamanhos simultaneamente, pode-se calcular o inverso dos produtos dos quadrados dos coeficientes de variação pelos respectivos custos, e compará-los entre si.

Para a determinação da forma e tamanho ideais de unidades de amostras HUSCH *et al.* (1982) basearam-se no método da eficiência relativa. Neste, o erro padrão, o custo e/ou o tempo de mensuração de um determinado tamanho e forma de unidade são comparados em relação a de outro tamanho e forma.

Nos inventários florestais, a eficiência é um indicador que analisa os custos ou tempos de um determinado método de amostragem e sua precisão, com base no coeficiente de variação, apresentando valores que determinam quanto eficiente será o método em comparação com outro. A precisão refere-se ao tamanho dos desvios da amostra em relação à média estimada, a qual se obtém através da repetição do procedimento de amostragem. Assim, ela será indicada pelo erro padrão da estimativa sem levar em conta o tamanho dos erros não amostrais (DRUCZSZ *et al.*, 2010).

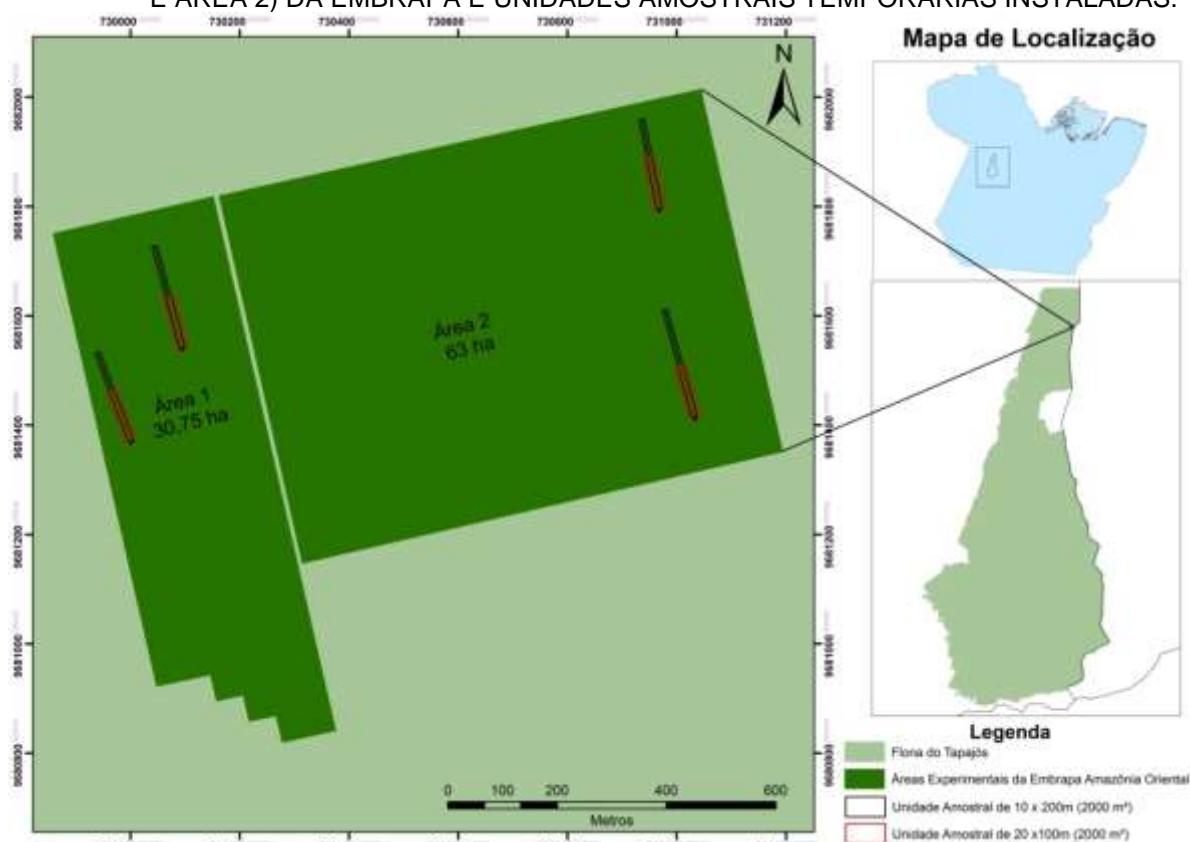
4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é composta por duas áreas contíguas de floresta primária (não explorada), onde a EMBRAPA Amazônia Oriental conduz seus experimentos, denominadas de Área 1 e Área 2, que perfazem 93,75 hectares, localizadas na Floresta Nacional do Tapajós (Flona do Tapajós), na altura do km 67 (55 00' W, 2 45' S) da Rodovia BR 163, Cuiabá-Santarém, no município de Belterra, no oeste do estado do Pará (FIGURA 4). Abrange o bioma Amazônia e a tipologia florestal é classificada como Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme.

Esta área foi selecionada por representar uma típica Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme da região, sem interferência humana.

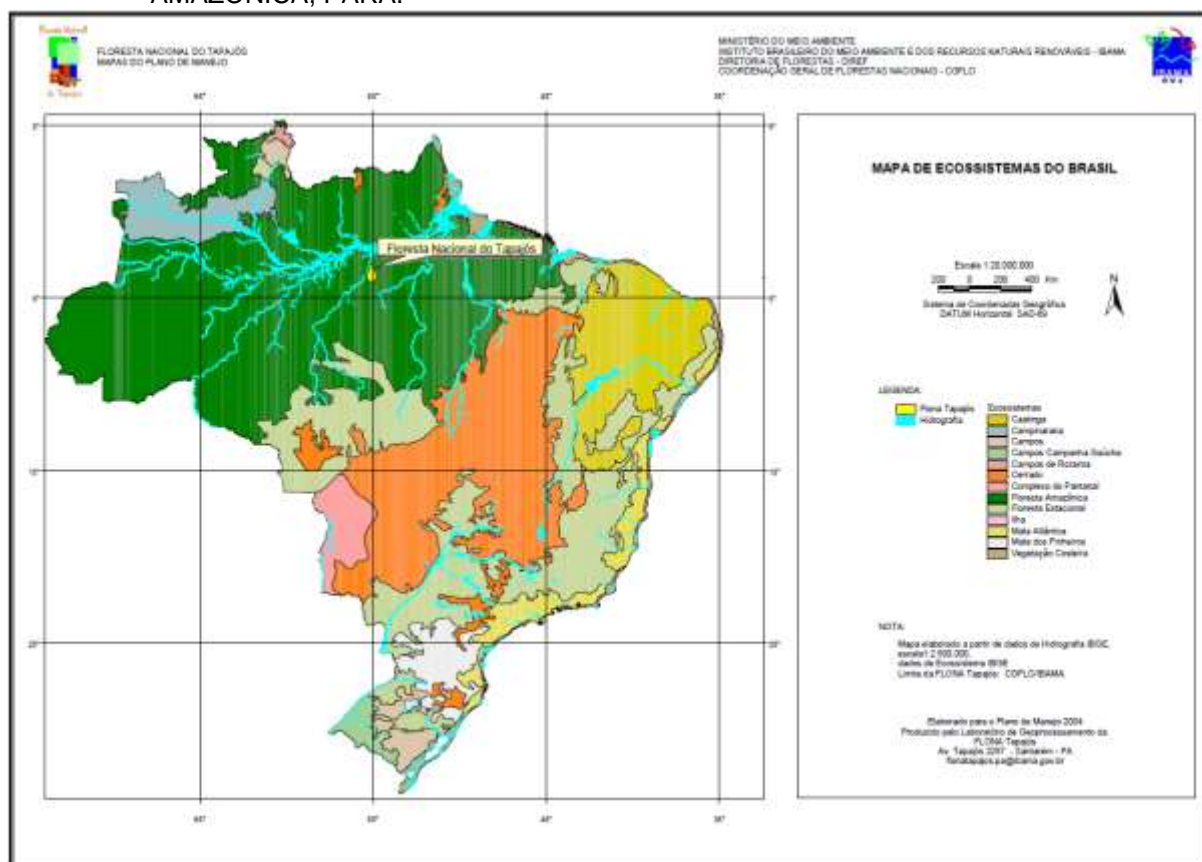
FIGURA 4 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, COM DESTAQUE PARA ESTADO DO PARÁ, FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, ÁREAS EXPERIMENTAIS (ÁREA 1 E ÁREA 2) DA EMBRAPA E UNIDADES AMOSTRAIS TEMPORÁRIAS INSTALADAS.



FONTE: O autor (2016).

As áreas testemunhas em que a EMBRAPA conduz seus experimentos, possuem 63 ha e 30,75 ha, as quais foram inventariadas através de enumeração completa (censo florestal) das árvores com diâmetro ≥ 35 cm, nos anos de 2009 e 2014, respectivamente. A Flona do Tapajós está localizada na porção central da floresta amazônica (FIGURA 5).

FIGURA 5 - MAPA DE ECOSSISTEMAS DO BRASIL, COM DESTAQUE PARA LOCALIZAÇÃO DA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS NA PORÇÃO CENTRAL DA FLORESTA AMAZÔNICA, PARÁ.



FONTE: IBAMA (2004).

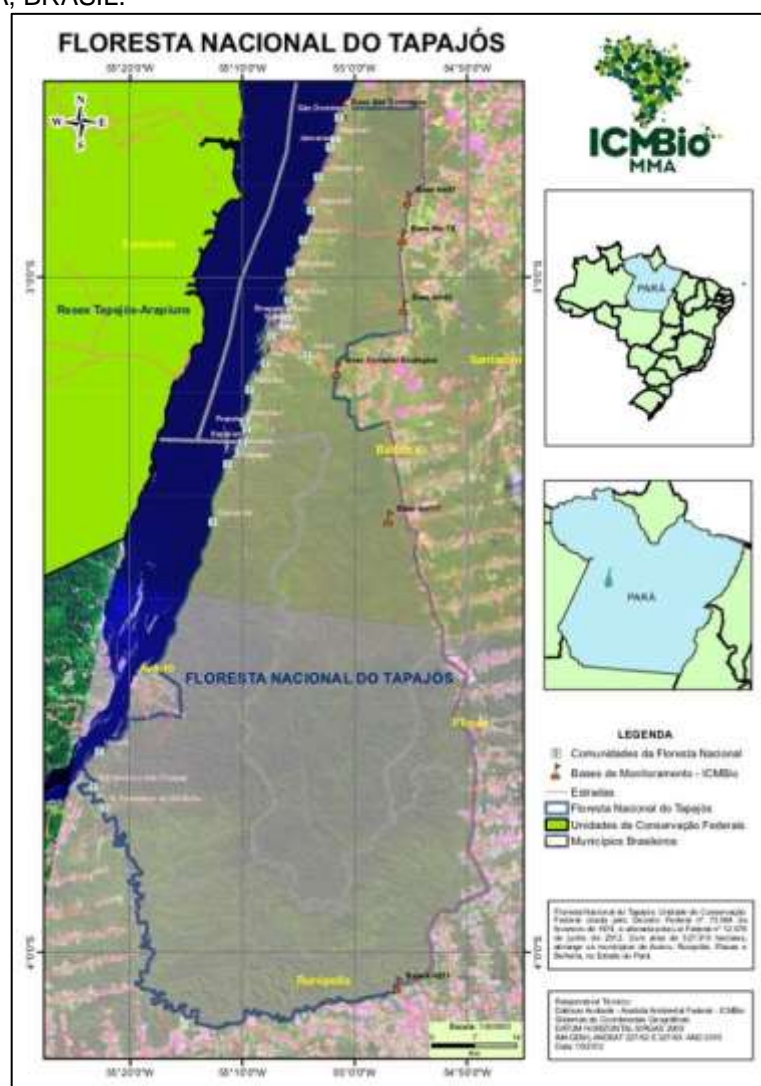
A Floresta Nacional do Tapajós, criada pelo Decreto nº 73.684, de 19 de fevereiro de 1974 está situada nos municípios de Belterra, Aveiro, Rurópolis e Placas, oeste do estado do Pará, estendendo-se por uma área de 544.927 ha (FIGURA 6).

Administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO), apresenta como objetivo básico o uso múltiplo dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para a exploração sustentável.

A Flona do Tapajós é uma importante unidade de conservação federal na categoria de floresta nacional, possuindo os seguintes limites: Oeste - Rio Tapajós; Leste - Rodovia BR-163 (Santarém-Cuiabá), estendendo-se do km 50 ao km 217 dessa rodovia; Norte – linha seca que passa pelo marco 50 (50 km) da Rodovia BR-163; Sul – Rio Tinga e Rio Cupari.

Por ser de uso sustentável, a Flona permite o manejo de parte de seus recursos naturais. Sendo assim, a Cooperativa Mista Flona Tapajós (COOMFLONA), constituída por comunitários residentes nesta unidade de conservação, vem desenvolvendo, desde 2005, ações de manejo florestal de produtos madeireiros e não madeireiros, sendo denominado de Projeto Ambé, em uma área de manejo florestal de 32.586,56 hectares (FERREIRA-NETO, 2008).

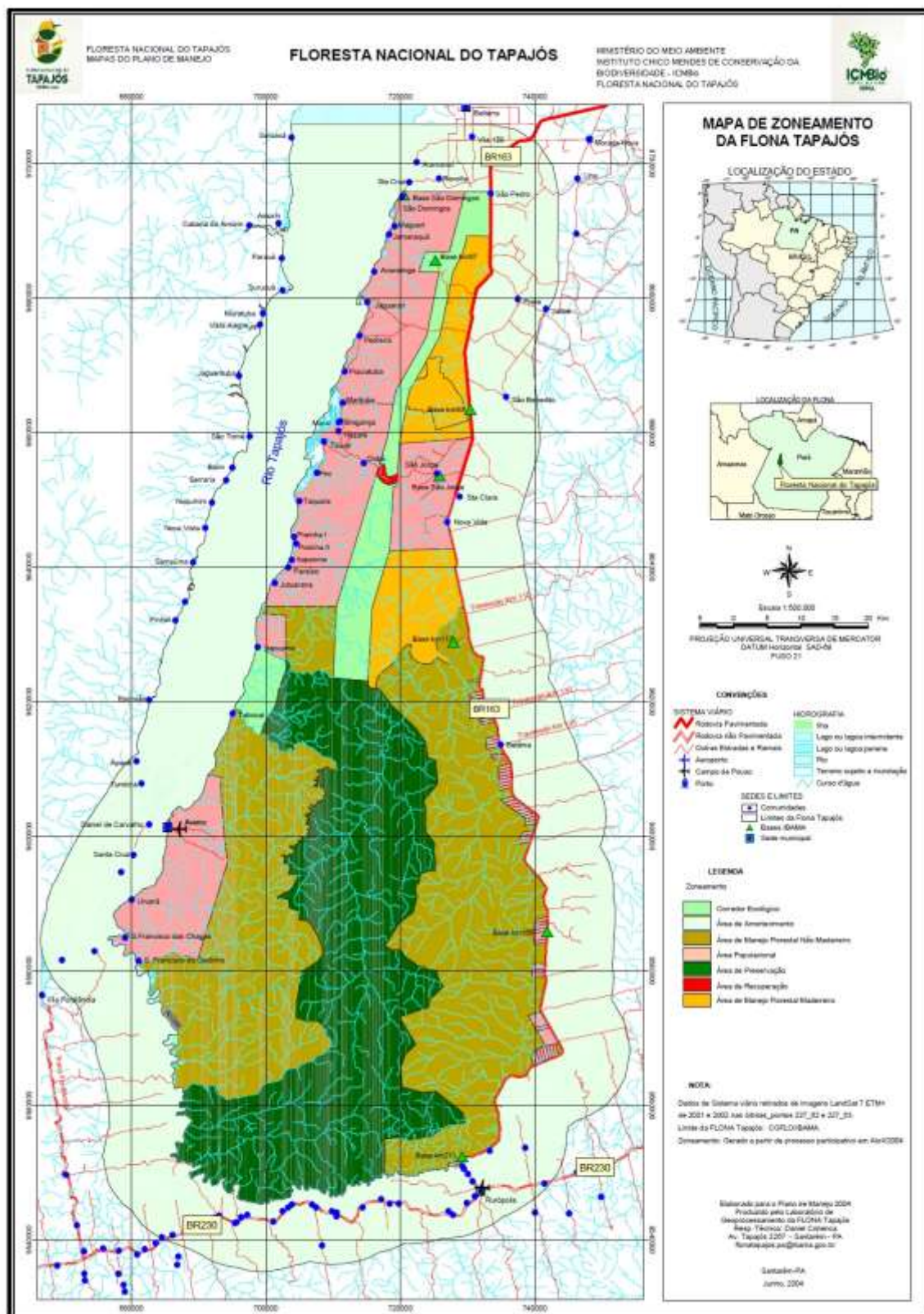
FIGURA 6 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA FLONA DO TAPAJÓS NO OESTE DO ESTADO DO PARÁ, BRASIL.



FONTE: ICMBIO (2016).

Conforme mapa de zoneamento da Flona do Tapajós (FIGURA 7), a área do experimento localiza-se em Área de Manejo Florestal Madeireiro.

FIGURA 7 - MAPA DE ZONEAMENTO DA FLONA DO TAPAJÓS.



FONTE: IBAMA (2004).

A área do experimento apresenta topografia plana a ondulada com altitude em torno de 175 m acima do nível do mar.

A estação meteorológica mais próxima da área estudada fica na sede do município de Belterra, de onde foram obtidas as informações climáticas. O clima é do tipo Am, segundo a classificação de Köppen, que é um clima tropical úmido com uma estação seca de 2 a 3 meses por ano e precipitação anual acima de 2000 mm. A média anual de temperatura gira em torno de 25°C, com médias mínimas de 18,4°C e máximas de 32,6°C. A umidade relativa é de aproximadamente 86% (76-93%). A média anual de chuvas em Belterra está em torno de 2.110mm, com um período chuvoso de março a maio e período seco ou pouco chuvoso de agosto a novembro (Carvalho, 2001).

O mapa exploratório de solos gerado por Hernandez (1993) identificou na área da Flona Latossolo Amarelo Distrófico, Podzólico Vermelho Amarelo. As áreas de Podzólico encontram-se distribuídas na região declivosa, enquanto que o Latossolo cobre as regiões de planalto e flanco, com variações de textura em função do maior ou menor teor de argila (FIGURA 8). Conforme FIGURA 8, na área do experimento ocorre o solo tipo Latossolo Amarelo Distrófico.

A Floresta Nacional do Tapajós é uma floresta de terra firme, classificada como Floresta Ombrófila Densa (Veloso *et al.*, 1991). Dubois (1976), a classificou mais detalhadamente, em seis grandes tipos e diversos subtipos. Os tipos são: floresta alta com babaçu (*Orbignya speciosa* Burret); floresta alta sem babaçu; complexo de florestas baixas; complexo de florestas cipoálicas e cipoal; florestas inundadas; e capoeiras.

A área do experimento situa-se no tipo floresta alta sem babaçu, que, de acordo com Dubois (1976), ocorrem no planalto, em terrenos planos a levemente ondulados, onde não está presente a palmeira babaçu.



4.2. LEVANTAMENTO DE DADOS

A coleta de dados para a pesquisa ocorreu no período de 26 de agosto a 10 de setembro de 2015. A variável levantada nas parcelas amostrais foi: circunferência à altura do peito (CAP em centímetros) de todas as árvores a partir de 31,4 cm (ou 10 cm de DAP) (medido a 1,30 m do solo ou acima em caso de raiz tabular ou sapopema) (FIGURA 9). Entretanto, quando, ao nível de 1,30m, o fuste da árvore apresentou irregularidade, como bifurcação ou intumescência, o CAP foi medido imediatamente acima ou abaixo da irregularidade. Não foi realizada identificação das espécies arbóreas mensuradas pelo fato dos recursos financeiros disponíveis serem limitados.

As árvores de bordadura foram verificadas visualmente, ou em caso de dúvidas, esticou-se a trena partindo da picada central, ou seja, na dimensão correspondente à metade da largura da parcela amostral.

Com a finalidade de comparar o tempo de realização do inventário florestal através dos métodos de área fixa estudados, adicionalmente, foi cronometrado o tempo de alocação (abertura das picadas) e de medição das CAP.

Outras informações relevantes também foram coletadas na ficha de campo, para subsídio na caracterização da área de estudo, tais como o estágio sucessional da floresta (primária, primária alterada ou secundária), o tipo de solo (arenoso, argiloso ou areno-argiloso), topografia (plana, suave ondulada, ondulada, forte ondulada ou montanhosa), se as áreas eram alagadas, se haviam mudanças bruscas na vegetação (área de transição) e as coordenadas de cada parcela amostral, entre outras informações relevantes.

FIGURA 9 - MENSURAÇÃO DA CIRCUNFERÊNCIA À ALTURA DO PEITO (CAP) DOS INDIVÍDUOS ARBÓREOS (DAP \geq 10 cm) COM FITA MÉTRICA.



FONTE: O autor (2015).

4.2.1. Métodos de Amostragem

O método de amostragem utilizado neste estudo foi o de parcela amostral de área fixa. A escolha do método de área fixa foi em função de ser o mais antigo, conhecido e utilizado pelos profissionais envolvidos com inventários florestais na região. A maioria dos inventários por amostragem é realizada através desse método devido à simplicidade de sua utilização e pela vasta gama de estimativas possíveis com o uso segundo essa metodologia.

A parcela de área fixa é, de acordo com STERBA (1986), a mais antiga. Nesta, a seleção das árvores ocorre com probabilidade proporcional a área, pois as árvores que se situam no interior da parcela amostral serão medidas a partir de um CAP ou DAP mínimo.

4.2.1.1. Tamanho e Forma das Parcelas Amostrais Testadas

Para definição das parcelas de área fixa de formato retangular deste estudo, levaram-se em consideração os seguintes fatores igualmente relevantes:

- Por ser o formato mais utilizado ou popular em amostragem de florestas tropicais (Nash e Rogers, 1975);
- Por ser a parcela de formato retangular mais estreitas e longas facilitam em muito a instalação e, conseqüentemente as medições. Isto porque o trabalho de inventário pode se resumir a uma picada central de onde se controla a distância com uma corda ou trena (SANQUETTA *et al.*, 2009);
- Por ser a parcela de formato retangular compridas e estreitas, são as que melhor detectam as variações em florestas tropicais, devido à distribuição espacial das espécies, e a variabilidade tipológica da floresta (Silva, 1997);
- Por apresentar praticidade na operacionalidade de sua alocação, demarcação e medição em campo, além de efetuar um melhor controle das medições ou contagens.
- Levando em consideração, que Massaroth (2016) em seu trabalho de comparação da eficiência relativa entre os Sistemas de Inventário Florístico Florestal desenvolvido para o estado de Santa Catarina (IFFSC-Piloto, 2005) com o atual Sistema do Inventário Florestal Nacional (IFN, 2007), nos

levantamentos florístico e estrutural da Floresta Ombrófila Mista concluiu que a metodologia do IFFSC-Piloto (2005) obteve resultados de eficiência relativa superiores para as estimativas, por hectare, de altura total média, de área basal e volume.

Existe uma gama variada de parcelas retangulares que podem ser empregadas em inventários florestais, porém optou-se neste estudo por testar um tipo de parcela estratificada desenvolvida por Nakajima (2006), em função de que conforme Sanquetta *et al.* (2009), em florestas naturais é comum utilizar parcelas amostrais compartimentadas, ou seja, a divisão da unidade amostral em compartimentos de amostragem ou divisões internas na parcela (A, B e C) com diferentes áreas onde se medem plantas de distintas categorias dimensionais, sendo que o objetivo desta divisão é facilitar o trabalho e efetuar um melhor controle das medições ou contagens.

Ogaya (1968) recomendou para florestas tropicais o emprego de parcelas retangulares com 20 m de largura e 100 m a 125 m de comprimento.

Nash e Rogers (1975) salientaram que as unidades retangulares em florestas não deveriam exceder a 30 metros de largura, ou 15 metros de cada lado da linha central. Unidades amostrais mais largas tornam difícil o controle das bordaduras, aumentando a probabilidade de erros.

Segundo Oliveira (2010), o Laboratório de Manejo Florestal do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (LMF/INPA) utiliza em seus levantamentos florestais, parcelas de 20 m x 125 m (2500m²) em que são mensurados todos os indivíduos arbóreos com DAP \geq 10 cm. Essa metodologia tem-se estendido para todos os inventários realizados pelo LMF/INPA em todo o estado do Amazonas.

De acordo com Silva (1977) e Scolforo, Chaves e Mello (1993), 2000 m² é um tamanho ótimo de parcela para ser utilizado em floresta nativa.

De acordo com Sanquetta *et al.* (2009), para inventários quantitativos são recomendados tamanhos entre 1.000 m² a 10.000 m². Um tamanho usual é 2.500 m², (10 m x 250 m) isto é, $\frac{1}{4}$ de hectare.

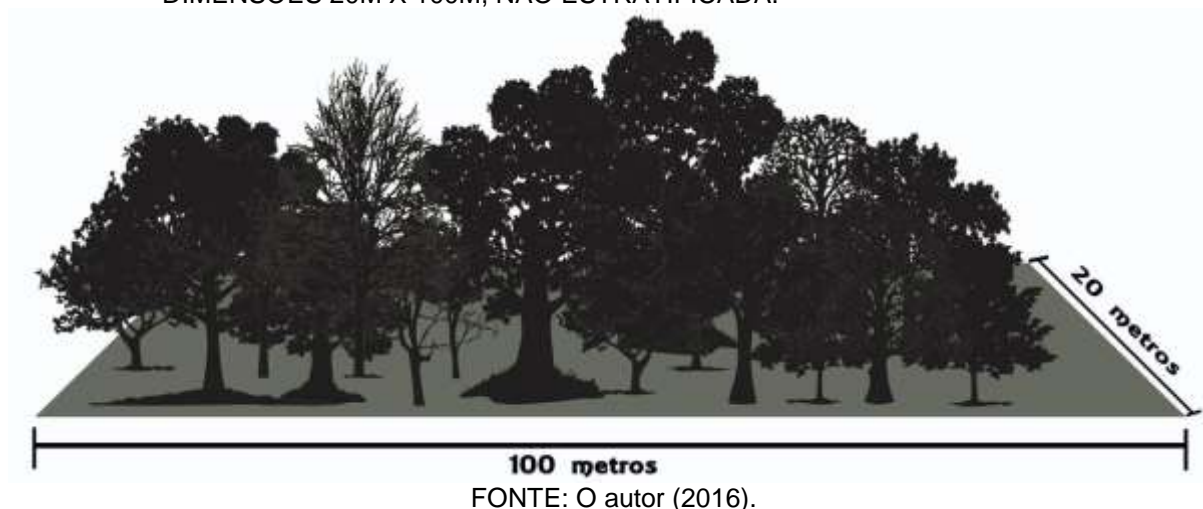
Diante do acima exposto, para este estudo objetivou-se comparar três configurações de parcelas retangulares de área fixa de 2000 m² e, larguras de 10 e

20 metros por serem mais usuais em florestas tropicais e recomendadas por vários autores. As três configurações de parcelas são apresentadas a seguir:

4.2.1.1.1. Parcela Retangular Não Estratificada de 20m x 100m

Esta configuração de parcela está representada na FIGURA 10 a seguir.

FIGURA 10 - ESQUEMA DE UMA UNIDADE AMOSTRAL DE ÁREA FIXA RETANGULAR DE DIMENSÕES 20M X 100M, NÃO ESTRATIFICADA.



4.2.1.1.2. Parcela Retangular Estratificada de 10m x 200m (IFFSC-Piloto, 2005)

O Sistema do Inventário Florístico-Florestal do Estado de Santa Catarina (IFFSC-Piloto) desenvolvido por Nakajima (2006), foi concebido para inventariar todas as formas de vida de plantas vasculares encontradas no Estado, caracterizando assim sua biodiversidade vegetal, bem como levantar os fragmentos florestais remanescentes e as condições em que se encontram essas florestas.

Segundo Nakajima (2006), devido à boa infra-estrutura de acesso e locomoção que apresenta o estado de Santa Catarina e pelas características de pequenos fragmentos florestais dos remanescentes da FOM, o processo definido para o IFSC foi o Processo de Amostragem Aleatório Restrito em Dois Estágios. O método de amostragem utilizado para cada componente da floresta (árvores adultas, árvores finas ou varas, regeneração natural, ervas, arbustos e epífitas) foi o de área fixa. Cada componente de amostragem teve um tratamento diferenciado, evitando-

se assim uma super amostragem dos indivíduos que ocorrem naturalmente em maior número na distribuição diamétrica da FOM (NAKAJIMA, 2006).

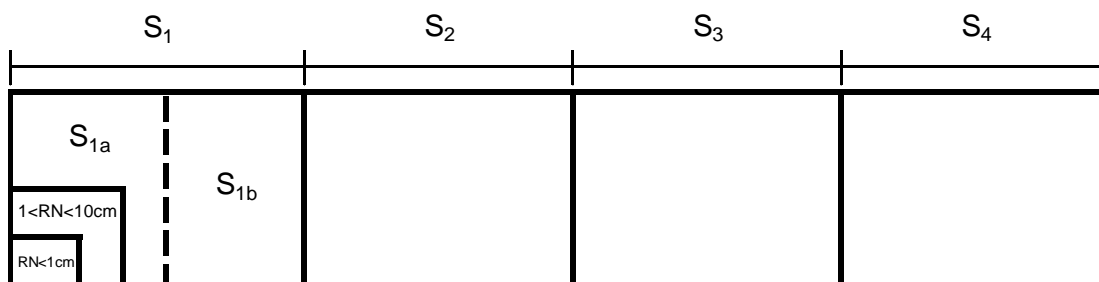
De acordo com este mesmo autor, na distribuição diamétrica de florestas tropicais e subtropicais, observa-se que a existência de indivíduos arbóreos com maiores diâmetros é inversa à frequência deles na floresta. Assim, tem-se que indivíduos com os maiores diâmetros estão em menor número na floresta que aqueles de menor diâmetro. Com base nesta distribuição, foi elaborada a metodologia de estratificação do IFFSC-Piloto (2005). Para contemplar a amostragem de indivíduos de maior porte, aumentou-se a área das subunidades para as classes diamétricas superiores. Os componentes de amostragem foram planejados conforme seguem:

- Ervas, arbustos e regeneração natural com $DAP < 1\text{cm}$ - unidade amostral de $2\text{m} \times 2\text{m}$, totalizando 4m^2 cada unidade amostral;
- Regeneração natural com $1\text{cm} \leq DAP < 10\text{cm}$ - unidade amostral de $5\text{m} \times 5\text{m}$, totalizando 25m^2 cada unidade amostral;
- Árvores finas com $DAP \geq 10\text{cm}$ - subunidade S_{1a} de $10\text{m} \times 25\text{m}$, totalizando 250m^2 cada subunidade amostral.
- Árvores adultas com $DAP \geq 20\text{cm}$ - subunidade S_{1b} de $10\text{m} \times 50\text{m}$, totalizando 500m^2 cada subunidade amostral;
- Árvores adultas com $DAP \geq 30\text{cm}$ - subunidade S_2 de $10\text{m} \times 100\text{m}$, totalizando 1000m^2 cada subunidade amostral;
- Árvores adultas com $DAP \geq 40\text{cm}$ - subunidade S_3 de $10\text{m} \times 150\text{m}$, totalizando 1500m^2 cada subunidade amostral;
- Árvores adultas com $DAP \geq 50\text{cm}$ - subunidade S_4 de $10\text{m} \times 200\text{m}$, totalizando 2000m^2 cada subunidade amostral;

Nas unidades amostrais permanentes, foram mensurados todos os indivíduos arbóreos a partir de 10cm de DAP em todas as subunidades (S_1 , S_2 , S_3 e S_4).

A FIGURA 11 apresenta o esquema de uma unidade subdividida segundo o componente de amostragem, conforme metodologia Inventário Florístico Florestal do Estado de Santa Catarina.

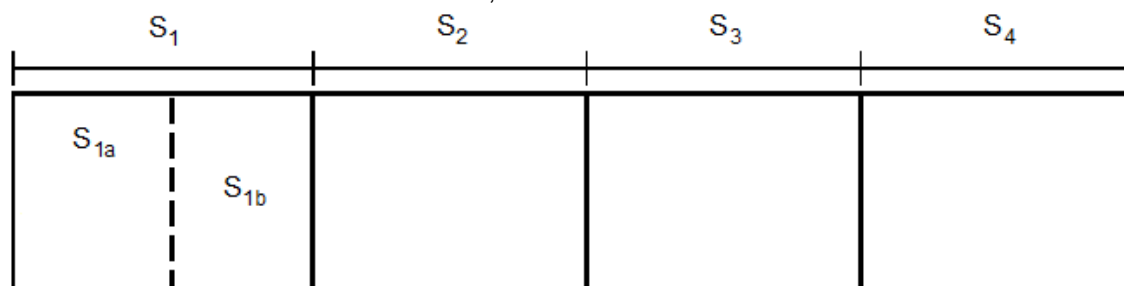
FIGURA 11 - ESQUEMA DA UNIDADE AMOSTRAL ESTRATIFICADA DESENVOLVIDA PARA IFFSC-PILOTO.



FONTE: NAKAJIMA (2006).

O presente estudo visa testar esta metodologia para inventários convencionais de avaliação do potencial madeireiro na Amazônia, porém nas unidades amostrais testadas, o componente de amostragem foram apenas espécies arbóreas, excluindo do levantamento a regeneração natural, ervas, epífitas e arbustos (FIGURA 12).

FIGURA 12 - ESQUEMA DE UMA UNIDADE AMOSTRAL DE ÁREA FIXA RETANGULAR DE DIMENSÕES 10M X 200M, ESTRATIFICADA EM SUB-UNIDADES.



FONTE: Adaptado de NAKAJIMA (2006).

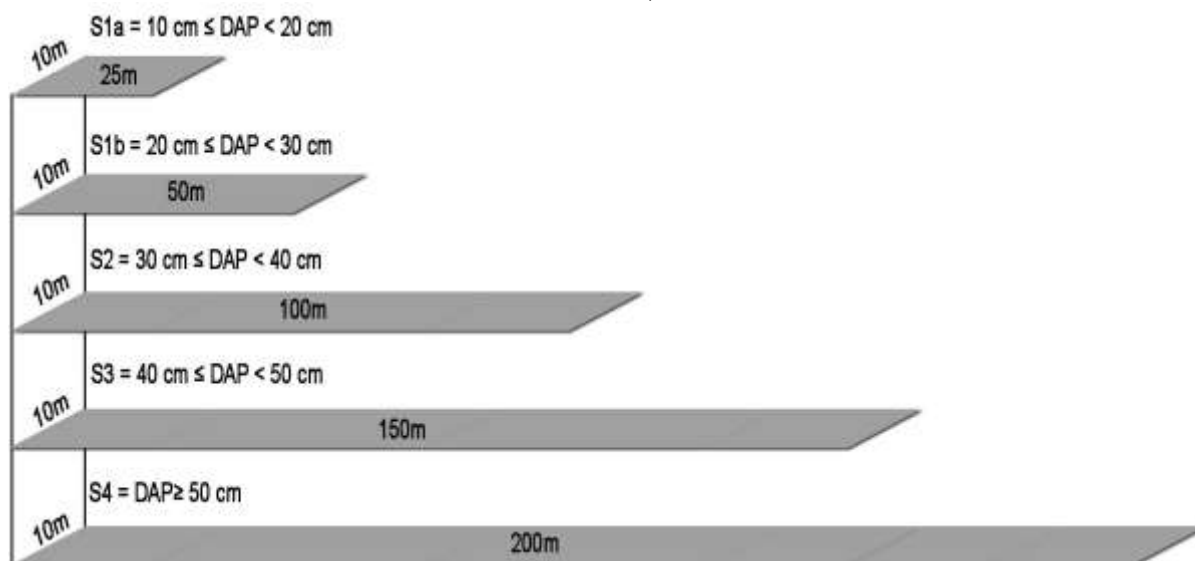
Dessa forma, a unidade amostral foi estratificada em subunidades (S1, S2, S3, S4) onde a subunidade S1 foi dividida em S1a e S1b, com base nas seguintes classes de diâmetro:

- S1a = Árvores com $10 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 20 \text{ cm}$ nos primeiros 25 m da parcela (10 m x 25 m), totalizando 250 m²;
- S1b = Árvores com $20 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 30 \text{ cm}$ nos primeiros 50 m (10 m x 50 m), totalizando 500 m²;
- S2 = Árvores com $30 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 40 \text{ cm}$ nos primeiros 100 m de parcela (10 m x 100 m), totalizando 1000 m²;
- S3 = Árvores com $40 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 50 \text{ cm}$ nos primeiros 150 m da parcela (10 m x 150 m), totalizando 1500 m²;

- S4 = Árvores com $DAP \geq 50$ cm em toda a parcela (10 m x 200 m), totalizando 2000 m².

Para melhor visualização das divisões internas da parcela, adaptada de Nakajima (2006), é apresentada na FIGURA 13 uma ilustração do esquema.

FIGURA 13 - ESQUEMA ILUSTRATIVO DAS DIVISÕES INTERNAS (SUB-UNIDADES) DA UNIDADE AMOSTRAL DE 10M X 200M, ESTRATIFICADA.

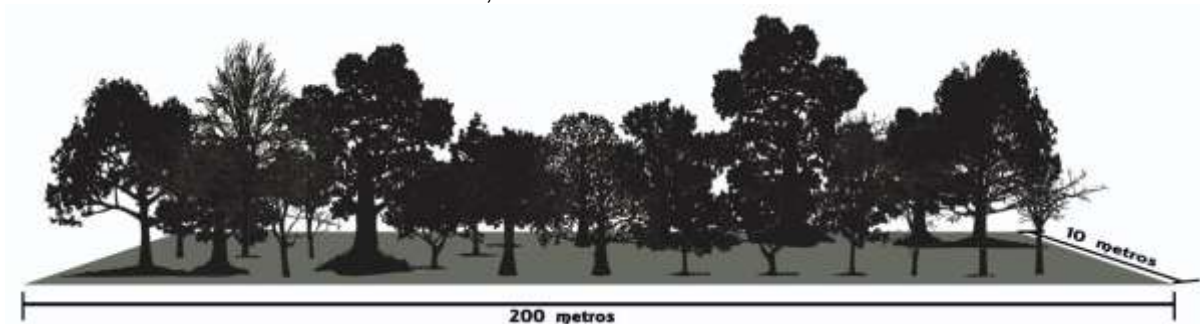


FONTE: O Autor (2016).

4.2.1.1.3. Parcela Retangular Não Estratificada de 10m x 200m

Esta configuração de parcela está representada na FIGURA 14 a seguir.

FIGURA 14 - ESQUEMA DE UMA UNIDADE AMOSTRAL DE ÁREA FIXA RETANGULAR DE DIMENSÕES 10M X 200M, NÃO ESTRATIFICADA.



FONTE: O autor (2016).

4.2.2. Processo de Amostragem

4.2.2.1. Sorteio das Unidades Amostrais Temporárias

Para a realização do sorteio das unidades amostrais temporárias na área de estudo, utilizou-se de um mapa base fornecida pela EMBRAPA. O processo de amostragem aleatório foi adotado para sorteio dos quatro pontos amostrais na área do estudo, isto é, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições para cada tratamento. No total, foram instaladas 12 parcelas amostrais temporárias.

Para a realização do experimento, as parcelas das três configurações de amostragem (tratamentos) foram alocadas de forma temporária, partindo do mesmo ponto amostral (FIGURA 15). A FIGURA 3 apresenta os locais de instalação das parcelas amostrais temporárias.

Neste experimento, a intensidade amostral (ou esforço de amostragem) foi fixada em função do tempo disponível para sua realização e pelos recursos financeiros existentes. Dessa forma, devido a baixa intensidade amostral realizada, sendo de quatro repetições, a Análise de Variância (ANOVA) foi o procedimento utilizado para testar os três tratamentos, não se analisando o erro de amostragem.

Inventários na Amazônia geralmente são realizados com baixa intensidade amostral, menos de 1%, em função dos seus custos, e utilizados para obter informações preliminares da floresta a ser manejada (ARAÚJO, 2006).

4.2.2.2. Alocação das Configurações de Parcelas Testadas

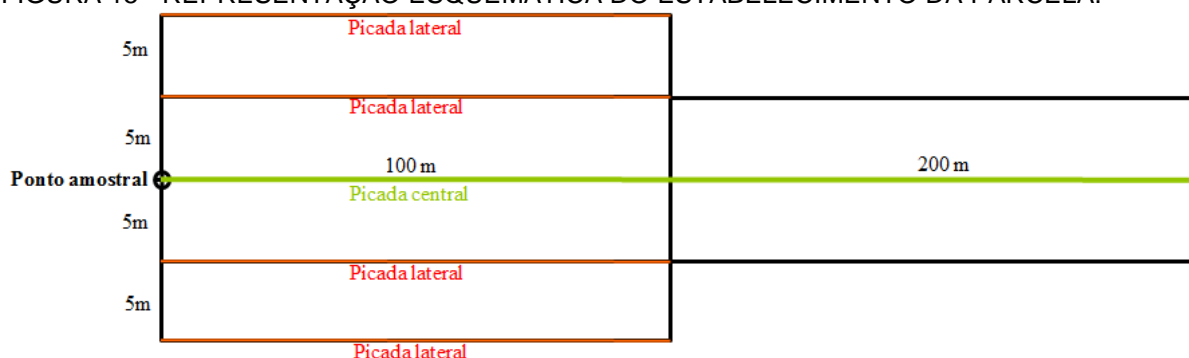
A alocação das parcelas constituiu, primeiramente, em localizar o ponto amostral (marco zero) em campo utilizando um GPS de Navegação Garmin Etrex 10. Com o ponto amostral (marco zero) das parcelas demarcado em campo, deu-se início a abertura da picada central ou de orientação na direção Norte-Sul (FIGURA 16).

A alocação do método de parcela de área fixa de forma retangular de 20 m x 100 m (2000 m²), deu-se início a partir do marco zero. Na picada de orientação foram fixadas estacas a cada 25 m até o comprimento da parcela de 100 m

(FIGURA 17). Posteriormente, foi demarcado com estacas os vértices (ou cantos) das parcelas.

Devido à largura da parcela (20m), foi necessária a abertura de picadas laterais nos 5 metros de cada lado da picada central (FIGURA 15) para um melhor controle dos limites da parcela e das árvores de bordadura. Realizado este procedimento, iniciou-se a medição das árvores inseridas na parcela.

FIGURA 15 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ESTABELECIMENTO DA PARCELA.



FONTE: O autor (2016).

A alocação dos métodos de parcela de área fixa de forma retangular de 10m x 200m (2000 m²) não estratificada e estratificada, deu-se início no ponto amostral marco zero demarcado em campo. A partir do marco zero, fez-se a abertura da picada central ou de orientação na direção norte-sul. Na picada de orientação foram fixadas estacas a cada 25 m até o comprimento da parcela de 200 m.

Diferentemente do método descrito anteriormente, o método de parcela de área fixa de forma retangular estratificada de 10m x 200m (2000 m²), foi dividida em subunidades (S1, S2, S3 e S4) onde a subunidade S1 foi dividida em S1a e S1b.

FIGURA 16 - DEMARCAÇÃO DO PONTO AMOSTRAL (MARCO ZERO) E ALOCAÇÃO DA PICADA CENTRAL OU DE ORIENTAÇÃO COM TRENA E BÚSSOLA.



FONTE: O autor (2015).

FIGURA 17 - DEMARCAÇÃO DA PARCELA AMOSTRAL POR ESTACAS COLOCADAS AO LONGO DA PICADA CENTRAL COM DETALHES DO PADRÃO DE DEMARCAÇÃO.



FONTE: O autor (2015).

LEGENDA: A) Demarcação no marco zero e vértices da unidade amostral.

B) Demarcação nos 50 metros a partir do marco zero.

C) Demarcação nos 100 metros a partir do marco zero.

D) Demarcação nos 200 metros a partir do marco zero.

Conforme pode ser observado na FIGURA 17, convencionou-se utilizar fitas vermelhas amarradas nas estacas para demarcações na parcela.

4.2.3. Procedimentos de Medição

4.2.3.1. Equipe de Medição em Campo

A equipe de campo para execução do levantamento dos dados foi selecionada conforme a habilidade individual de forma a executarem, com precisão, a metodologia desenvolvida. Assim sendo, foram selecionados profissionais para compor as seguintes funções dentro de cada equipe:

- 01 Engenheiro Florestal (Mestrando) para coordenação da equipe e anotação dos dados coletados (ficha de campo);
- 01 Operador de GPS e cronômetro;
- 01 Operador de bússola;
- 01 Operador de trena;
- 02 Colaboradores (Mateiros experientes) para abertura de picadas, confecção de estacas de demarcação e medição de CAP das árvores;

A equipe de campo foi composta por 6 profissionais (FIGURA 18).

FIGURA 18 - EQUIPE DE EXECUÇÃO DOS TRABALHOS EM CAMPO.



FONTE: O autor (2015).

4.2.3.2. Equipamentos Utilizados para Medição

A equipe utilizou os seguintes materiais e equipamentos, conforme segue:

- Material para coleta de dados: fita métrica graduada em milímetros para medição das circunferências à altura do peito (CAP's); giz para marcação das árvores medidas; GPS de Navegação Garmin Etrex 10 para alocação dos pontos amostrais e registro das coordenadas das parcelas; bússola para orientação da parcela na direção norte-sul; trena e fações para abertura das picadas; estacas para marcação do ponto amostral e comprimento da picada; fichas de campo; prancheta; canetas; cronômetro digital (celular) para medição dos tempos.
- Equipamentos de proteção individual (EPI): botas anti-derrapantes, perneiras, capacetes, luvas e óculos de proteção.

4.3. VARIÁVEIS ANALISADAS

As variáveis de interesse deste estudo foram: área basal, volume, número de árvores, por hectare e DAP médio. Todas as estimativas obtidas na parcela amostral foram convertidas para o hectare, multiplicando-se os valores obtidos por parcela pelo fator de proporcionalidade (F), conforme Péllico Netto e Brena (1997), que é expresso pela fórmula:

$$F = \frac{1}{a}$$

Em que:

F = fator de proporcionalidade

a = área da unidade amostral (2.000 m²)

1 = área de 1,00 hectare (10.000 m²)

4.3.1. Equação de Volume Individual Utilizada

Para estimar o volume individual das árvores das parcelas experimentais e do censo florestal foram utilizadas equações de simples entrada desenvolvidas pela equipe de pesquisadores da Embrapa Amazônia Oriental para a região do Tapajós, as quais usam apenas o diâmetro como variável independente (SILVA *et al.*, 1984; SILVA; ARAÚJO, 1984; SILVA, 1989) (Tabela 2).

TABELA 2 - EQUAÇÕES DE VOLUME INDIVIDUAL UTILIZADAS.

Classe de DAP (cm)	Equação	R^2	S_{yx} (%)
$10,0 \leq \text{DAP} < 44,9$	$V = 0,0994 + 9,1941 \times 10^{-4} \times d^2$	0,96	12
$\text{DAP} \geq 45,0$	$\ln V = -7,6281 + 2,1809 \times \ln d$	0,84	16

Em que:

V = volume comercial;

d = diâmetro;

R^2 = coeficiente de determinação;

S_{yx} = erro padrão da estimativa.

4.3.2. Estimativa do DAP Médio

O DAP médio foi obtido a partir da média aritmética dos DAP's medidos, exceto para o método do IFFSC.

Para o método do IFFSC, a média do DAP foi calculada com base no centro de classe de DAP de cada sub-unidade multiplicado pelo número de árvores por ha desta sub-unidade e assim, sucessivamente para as outras sub-unidades (S1a, S1b, S2, S3, S4) e, dividido pelo somatório do número de árvores por hectare de todas as sub-unidades, isto é, foi calculada a média ponderada. O centro de classe de DAP da sub-unidade S4, devido possuir intervalo aberto ($\text{DAP} \geq 50$ cm), foi calculada com base na média aritmética dos dados de DAP coletados nas quatro repetições desta sub-unidade (S4).

4.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises estatísticas, no caso da amostragem aleatória irrestrita, foram realizadas conforme Péllico Netto e Brena (1997), por meio das seguintes fórmulas matemáticas:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i)}{n} \quad S_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

$$S_x = \sqrt{S_x^2} \quad CV = \frac{S_x}{\bar{x}} 100$$

Em que:

- \bar{x} = média da variável x ;
- n = número de unidades amostrais;
- S_x^2 = variância;
- S_x = desvio padrão;
- CV = coeficiente de variação em %;

A média, com base nas quatro repetições, foi calculada para números de árvores, área basal, volume, por hectare, bem como o DAP médio para as três configurações de parcelas (tratamentos). Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) de um fator, com o auxílio dos softwares ASSISTAT 7.7 beta e Excel, a fim de detectar se há diferenças estatisticamente significativas entre as três configurações de parcela amostral (tratamentos), nas estimativas das variáveis analisadas.

Para testar a hipótese de igualdade H_0 , utilizou-se o teste F apresentado na tabela da Análise de Variância. Se $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$ (crítico), rejeitamos a hipótese de nulidade H_0 , ou seja, existem evidências de diferença significativa entre pelo menos um par de médias de tratamentos, ao nível α de significância escolhido. Caso contrário, se não rejeitamos a hipótese de nulidade H_0 , ou seja, não há evidências de diferença significativa entre tratamentos, ao nível α de significância escolhido.

Outra maneira de avaliar a significância da estatística F é utilizando o p-valor. Se o $p\text{-valor} < \alpha$, rejeitamos a hipótese de nulidade H_0 . Quando rejeitado H_0 ,

foi aplicado teste de Tukey para determinar quais configurações de parcelas que são, de fato, estatisticamente diferentes.

4.5. COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE AMOSTRAGEM

Como cada método de amostragem realizado utilizou configurações de parcelas distintas e para que as variáveis pudessem ser comparadas, foi necessário fixar o tamanho das unidades amostrais (2.000 m²) e transformar os resultados para uma mesma base de comparação (por hectare).

A comparação entre os métodos de amostragem estudados, considerando as estimativas das variáveis de interesse correntes (volume, área basal, número de árvores, por hectare e DAP médio), foi realizada mediante análise de variância (ANOVA) e do método da eficiência relativa.

A comparação entre dois ou mais métodos de amostragem visando determinar qual deles proporciona o menor custo para uma mesma precisão, permite conhecer, para um determinado tipo florestal, o mais econômico, pois o tempo consumido na instalação, medição e de caminhamento, entre eles, são distintos.

4.5.1. Cálculo da Eficiência Relativa (*ER*)

Os cálculos de eficiência relativa foram realizados para todas as variáveis estimadas em cada configuração de parcela amostral: DAP médio (cm), N° de árvores/ha, Área basal (m².ha⁻¹), Volume (m³.ha⁻¹).

Vasquez (1988) menciona que, para o cálculo da eficiência relativa entre métodos de amostragem, deve-se considerar a precisão, assim como o custo ou o tempo. Freese (1962), citado por Péllico Netto e Brena (1997), considera eficiência relativa como o inverso dos tempos médios de mensuração em cada uma das configurações multiplicado pelo coeficiente de variação de cada configuração de parcela. O método que apresentar maior valor de eficiência relativa é o melhor. A fórmula é apresentada a seguir.

$$ER = \frac{1}{T_i \times CV^2}$$

Em que:

ER = eficiência relativa;

T_i = tempo médio de medição das parcelas amostrais de configuração “i”, em minutos;

CV = coeficiente de variação.

Sendo assim, pode-se, com a eficiência relativa, comparar os métodos e mostrar qual propiciou melhor desempenho.

Para fins de cálculo de eficiência relativa não foi considerado o tempo de deslocamento até a parcela, já que os pontos amostrais foram os mesmos para as três configurações de parcelas. O tempo médio foi obtido através da soma dos tempos de alocação e medição das quatro de parcelas, dividido pelo número de repetições que no caso desta pesquisa foram quatro parcelas, para cada configuração.

4.6. COMPARAÇÃO DOS VALORES ESTIMADOS POR PARCELAS EXPERIMENTAIS COM VALORES REAIS REGISTRADAS NO CENSO

Adicionalmente, os resultados médios de números de árvores, área basal, volume, por hectare e DAP médio obtidas pelas três configurações de métodos de amostragem de área fixa, foram comparados aos valores paramétricos obtidos no censo florestal (inventário 100%) realizado no ano de 2014 na área experimental da EMBRAPA de 63 ha.

A exatidão de uma medida refere-se à maior ou menor aproximação dela com a medida verdadeira, e a precisão em mensuração florestal expressa o grau de aproximação de uma série de medidas em relação à média das medidas, ou o grau de concordância entre valores da série (HUSCH *et al.*, 1972 *apud* MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003). Portanto, tanto a exatidão quanto a precisão são importantes parâmetros a serem avaliados na estimativa de uma variável da floresta.

Quando se possui o valor verdadeiro de uma variável em uma área, obtido pela enumeração total, e se obtém uma estimativa desse valor por meio de procedimento amostral, a diferença entre ambos é dita erro real.

4.6.1. Erro Real (Er)

O erro real é, então, a diferença entre o valor real e o valor estimado, expresso em percentagem do valor real. O erro real, dessa forma, mostra a exatidão com que a estimativa descreve o parâmetro (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997).

Os erros reais, como afirmam Péllico Netto e Brena (1997), não consideram os erros não amostrais que ocorrem tanto no censo como na amostragem de parte da população.

O erro real é uma medida do grau de dispersão entre dois valores representativos de uma variável desejada, em termos relativos, e é usado, normalmente, para comparação entre valores paramétricos obtidos pelo censo e valores estimados por amostras de variáveis em uma população, para distintos tamanhos de unidades amostrais. O erro real revela os desvios verdadeiros entre os valores paramétricos e estimados, pois neles não se incluem os erros não amostrais que existem tanto na obtenção dos valores reais como nos estimados.

O Erro real, neste trabalho, foi utilizado para comparação da precisão na estimativa das variáveis de interesse pelos erros produzidos através das diferentes configurações de parcela e foram calculados pela fórmula:

$$Er (\%) = \frac{(V_r - V_e)}{V_r} \times 100$$

Em que:

$Er (\%)$ = Erro real relativo;

V_r = Valor real resultante do Censo;

V_e = Valor estimado pelas unidades amostrais.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. NÚMERO DE ÁRVORES AMOSTRADAS POR CONFIGURAÇÃO DE PARCELA TESTADA

Na tabela 3, é apresentado o número de árvores amostradas em cada configuração de parcela amostral testada.

TABELA 3 - NÚMERO DE ÁRVORES MEDIDAS POR PARCELA PARA AS QUATRO REPETIÇÕES.

Parcela 20m x 100m	Parcela 10m x 200m	Parcela 10m x 200m estratificada em subunidades					
2000 m ² DAP≥10	2000 m ² DAP≥10	S1a (250 m ²) 10≤DAP<20	S1b (500 m ²) 20≤DAP<30	S2 (1000 m ²) 30≤DAP<40	S3 (1500 m ²) 40≤DAP<50	S4 (2000 m ²) DAP≥50	Total
96	90	4	4	2	3	7	20
108	132	10	6	4	4	9	33
95	97	8	4	2	4	10	28
97	108	12	4	3	1	4	24
Média							
99	107	8,5	4,5	2,5	3	7,5	26

Segundo Husch et al. (1972), o tamanho da parcela deverá ser suficientemente grande para incluir pelo menos 20 árvores medidas e pequena o suficiente para não requerer um tempo de medição excessivo. Dessa forma, analisando tabela 3 verifica-se que as três configurações de parcela amostral atingiram este número mínimo de árvores medidas. Observa-se que, pelo fato da parcela amostral 10 m x 200 m ser estratificada e estabelecer diâmetros mínimos de inclusão distintos em cada subunidade, o número de árvores medidas por parcela é em média 73,74% menor em relação à unidade de amostra 20 m x 100 m não estratificada e 75,70% menor em relação à unidade de amostra 10 m x 200 m não estratificada, onde são medidas todas as árvores da parcela a partir de 10 cm de DAP.

5.2. COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DAS VARIÁVEIS ESTIMADAS POR HECTARE DAS CONFIGURAÇÕES TESTADAS

As variáveis analisadas foram: diâmetro médio, número de árvores/ha, área basal/ha e volume/ha, para os indivíduos do componente arbóreo com DAP ≥ 10 cm.

Nas tabelas 4, 5, 6 e 7 são apresentados os resultados das estimativas destas variáveis estudadas para as quatro repetições.

TABELA 4 - ESTIMATIVA DA VARIÁVEL NÚMERO DE ÁRVORES POR HA PARA AS QUATRO REPETIÇÕES, CONSIDERANDO DAP \geq 10 CM.

Parcela 20m x 100m	Parcela 10m x 200m	Parcela 10m x 200m estratificada em subunidades					
Total/ha DAP \geq 10	Total/ha DAP \geq 10	S1a (250 m ²) 10 \leq DAP<20	S1b (500 m ²) 20 \leq DAP<30	S2 (1000 m ²) 30 \leq DAP<40	S3 (1500 m ²) 40 \leq DAP<50	S4 (2000 m ²) DAP \geq 50	Total/ha
480	450	160	80	20	20	35	315
540	660	400	120	40	27	45	632
475	485	320	80	20	27	50	497
485	540	480	80	30	07	20	617
\bar{x}: 495	534	340	90	27	20	38	515

Onde: \bar{x} = média das quatro repetições para variável número de árvores por ha.

TABELA 5 - ESTIMATIVA DA VARIÁVEL ÁREA BASAL POR HA PARA AS QUATRO REPETIÇÕES, CONSIDERANDO DAP \geq 10 CM.

Parcela 20m x 100m	Parcela 10m x 200m	Parcela 10m x 200m estratificada em subunidades					
Total/ha DAP \geq 10	Total/ha DAP \geq 10	S1a (250 m ²) 10 \leq DAP<20	S1b (500 m ²) 20 \leq DAP<30	S2 (1000 m ²) 30 \leq DAP<40	S3 (1500 m ²) 40 \leq DAP<50	S4 (2000 m ²) DAP \geq 50	Total/ha
20,30	23,68	2,7181	4,0186	1,7377	3,1267	9,4700	21,07
34,59	55,99	7,5027	4,7672	3,5536	4,0071	33,8171	53,65
40,69	45,32	4,0625	4,1874	1,6573	4,3206	30,0259	44,25
34,58	21,27	6,0421	4,0948	2,6684	1,1464	7,4918	21,44
\bar{x}: 32,54	36,57	5,0814	4,2670	2,4043	3,1502	20,2012	35,10

Onde: \bar{x} = média das quatro repetições para variável área basal por ha.

TABELA 6 - ESTIMATIVA DA VARIÁVEL VOLUME POR HA PARA AS QUATRO REPETIÇÕES, CONSIDERANDO DAP \geq 10 CM.

Parcela 20m x 100m	Parcela 10m x 200m	Parcela 10m x 200m estratificada em subunidades					
Total/ha DAP \geq 10	Total/ha DAP \geq 10	S1a (250 m ²) 10 \leq DAP<20	S1b (500 m ²) 20 \leq DAP<30	S2 (1000 m ²) 30 \leq DAP<40	S3 (1500 m ²) 40 \leq DAP<50	S4 (2000 m ²) DAP \geq 50	Total/ha
287,80	330,69	47,72	54,99	22,33	39,06	122,78	286,89
491,53	810,75	127,59	67,73	45,58	49,68	488,84	779,41
574,48	650,73	79,36	56,97	21,39	53,98	427,89	639,60
505,41	313,76	118,44	55,89	34,22	14,24	100,62	323,40
\bar{x}: 464,8	526,49	93,28	58,90	30,88	39,24	285,03	507,32

Onde: \bar{x} = média das quatro repetições para variável volume por ha.

TABELA 7 - ESTIMATIVA DA VARIÁVEL DAP MÉDIO EM CENTÍMETROS POR HA PARA AS QUATRO REPETIÇÕES, CONSIDERANDO DAP ≥ 10 CM.

Repetições	Parcela 20m x 100m não estratificada	Parcela 10m x 200m não estratificada	Parcela 10m x 200m estratificada
1	20,42	22,13	27,38
2	23,37	24,50	23,72
3	25,31	25,72	25,08
4	22,01	18,79	19,55
Média	22,78	22,79	23,93

Na tabela 8 é apresentado o resumo das estimativas dos valores médios das variáveis DAP médio (cm), número médio de árvores por ha, área basal média por ha ($\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$) e volume total médio por ha ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$), considerando DAP ≥ 10 cm, para as configurações de parcela amostral testadas. Estes resultados médios foram comparados estatisticamente através da análise de variância.

TABELA 8 - RESULTADOS MÉDIOS DAS VARIÁVEIS DAP MÉDIO, NÚMERO DE ÁRVORES, ÁREA BASAL E VOLUME PARA AS TRÊS CONFIGURAÇÕES DE PARCELA AMOSTRAL, CONSIDERANDO DAP ≥ 10 CM.

Variáveis	Parcela 20m x 100m não estratificada	Parcela 10m x 200m não estratificada	Parcela 10m x 200m estratificada
DAP médio (cm)	22,78	22,79	23,93
Número médio de árvores/ha	495	534	515
Área basal média/ha (m^2)	32,54	36,57	35,10
Volume médio/ha (m^3)	464,80	526,49	507,32

Na tabela 9 são apresentados resultados das estimativas das variáveis estudadas, considerando DAP ≥ 35 cm, para as configurações de parcela amostral testadas (devido no censo o DAP mínimo de medição ser este). Na tabela 10 é apresentado o resumo das estimativas dos valores médios das variáveis DAP médio (cm), número médio de árvores por ha, área basal média ($\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$) e volume total médio ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$), considerando DAP ≥ 35 cm, para as configurações de parcela amostral testadas. Estes resultados foram comparados aos valores paramétricos por hectare obtidos através do censo florestal.

TABELA 9 - ESTIMATIVA DAS VARIÁVEIS DAP MÉDIO, NÚMERO DE ÁRVORES, ÁREA BASAL E VOLUME POR PARCELA PARA AS QUATRO REPETIÇÕES, CONSIDERANDO DAP \geq 35 CM.

Variável		Parcela 20m x 100m não estratificada	Parcela 10m x 200m não estratificada	Parcela 10m x 200m estratificada
DAP Médio (cm)	Repetições	Médias		
	1	45,87	51,31	64,09
	2	61,32	68,21	60,24
	3	67,36	67,44	64,48
	4	70,90	52,27	58,51
Número de árvores/ha	Repetições	Médias		
	1	50	60	55
	2	55	90	82
	3	75	80	77
	4	55	45	37
Área basal (m ² .ha ⁻¹)	Repetições	Médias		
	1	8,42	12,87	12,60
	2	19,13	40,55	38,98
	3	29,62	34,36	34,35
	4	25,26	10,65	9,64
Volume (m ³ .ha ⁻¹)	Repetições	Médias		
	1	105,99	165,46	161,84
	2	262,34	573,30	553,04
	3	405,21	482,18	481,87
	4	353,52	140,18	127,54

TABELA 10 - RESULTADOS MÉDIOS DAS VARIÁVEIS DAP MÉDIO, NÚMERO DE ÁRVORES, ÁREA BASAL E VOLUME PARA AS TRÊS CONFIGURAÇÕES DE PARCELA AMOSTRAL, CONSIDERANDO DAP \geq 35 CM.

Variáveis	Parcela 20m x 100m não estratificada	Parcela 10m x 200m não estratificada	Parcela 10m x 200m estratificada
DAP médio (cm)	61,36	59,81	61,83
Número médio de árvores/ha	59	69	63
Área basal média (m ² .ha ⁻¹)	20,61	24,61	23,89
Volume médio (m ³ .ha ⁻¹)	281,76	340,28	331,07

Ao comparar as médias de DAP estimadas pelas parcelas testadas, percebe-se que a parcela com dimensões 10m x 200m estratificada apresentou o maior valor de DAP médio. Isso se deve ao fato de que no IFFSC-Piloto (2005), a metodologia procurava priorizar os indivíduos de maiores dimensões ou mais raros, ou seja, no interior da parcela todos os indivíduos com DAP \geq 50 cm foram medidos.

5.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados da ANOVA, levando em consideração os 3 tratamentos e as 4 repetições realizadas, para as variáveis volume total médio por ha (m^3/ha), área basal média por ha (m^2/ha), número médio de árvores por ha (densidade), DAP médio (cm), considerando $\text{DAP} \geq 10$ cm, estão apresentados na tabela 11.

TABELA 11 - RESULTADO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA VARIÁVEIS ESTUDADAS, CONSIDERANDO $\text{DAP} \geq 10$ CM.

Variáveis	F calculado	Valor-P	F tabelado (crítico)
Volume ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$)	0,0898 ns	0,914911091	4,256495
Área Basal ($\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$)	0,0792 ns	0,924477987	4,256495
Densidade ($\text{N}.\text{ha}^{-1}$)	0,1463 ns	0,865908927	4,256495
DAP médio (cm)	0,21656 ns	0,809364	4,256495

FONTE: SOFTWARE ESTATÍSTICO ASSISTAT 7.7 BETA E MICROSOFT EXCEL.

LEGENDA: ns = não significativo ($p > 0,05$)

Para testar a hipótese de igualdade H_0 , utilizou-se o teste F apresentado na tabela de resultados da Análise de Variância. Portanto, comparando o resultado do valor F calculado com F crítico (tabelado) da análise de variância para volume por hectare, considerando $\text{DAP} \geq 10$ cm (tabela 11), verifica-se que o valor de F calculado é menor que o valor de F crítico ($0,0898 < 4,256495$), portanto aceita-se hipótese de nulidade H_0 , ou seja, não existem diferenças estatisticamente significativas entre as configurações de parcela testadas na estimativa da variável volume por hectare. Além disso, verifica-se no resultado da análise de variância (ANOVA) que o valor-p é maior que $\alpha = 0,05$ ($0,91491 > 0,05$) e que $\alpha = 0,01$ ($0,91491 > 0,01$), portanto conclui-se que foi não significativo (ns) ao nível de 5% e 1% de probabilidade (α).

Analisando a Tabela 11, verifica-se que o valor de F calculado é menor que o valor de F crítico (tabelado) ($0,0792 < 4,256495$), portanto aceita-se hipótese de nulidade H_0 , ou seja, não existem diferenças estatisticamente significativas entre as configurações de parcela testadas na estimativa da variável área basal por hectare. Além disso, verifica-se no resultado da análise de variância (ANOVA) que o valor-p é maior que $\alpha = 0,05$ ($0,9245 > 0,05$) e que $\alpha = 0,01$ ($0,9245 > 0,01$), portanto conclui-se que foi não significativo (ns) ao nível de 5% e 1% de probabilidade (α).

Para variável número de árvores por hectare, verifica-se que o valor de F calculado é menor que o valor de F crítico (tabelado) ($0,1463 < 4,256495$), portanto aceita-se hipótese de nulidade H_0 , ou seja, não existem diferenças estatisticamente significativas entre as configurações de parcela testadas na estimativa da variável densidade ou número de árvores por hectare. Além disso, verifica-se no resultado da análise de variância (ANOVA) que o valor-p é maior que $\alpha = 0,05$ ($0,8659 > 0,05$) e que $\alpha = 0,01$ ($0,8659 > 0,01$), portanto conclui-se que foi não significativo (ns) ao nível de 5% e 1% de probabilidade (α).

Para variável DAP médio, verifica-se que o valor de F calculado é menor que o valor de F crítico (tabelado) ($0,216556 < 4,256495$), portanto aceita-se hipótese de nulidade H_0 , ou seja, não existem diferenças estatisticamente significativas entre as configurações de parcela testadas na estimativa da variável DAP médio por hectare. Além disso, verifica-se no resultado da análise de variância (ANOVA) que o valor-p é maior que $\alpha = 0,05$ ($0,809364 > 0,05$) e que $\alpha = 0,01$ ($0,809364 > 0,01$), portanto conclui-se que foi não significativo (ns) ao nível de 5% e 1% de probabilidade (α).

Portanto, o resultado da análise de variância (ANOVA) mostrou que para as quatro variáveis de interesse estudadas, para os três tratamentos (configurações) foi não significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, portanto não foi necessário aplicar o teste de comparação de médias (ex. Tukey).

O resumo das análises estatísticas das variáveis DAP médio (cm), número de árvores por ha, área basal (m^2/ha) e volume total (m^3/ha) é apresentado na tabela 12.

TABELA 12 - ANÁLISES ESTATÍSTICAS PARA DAP MÉDIO, NÚMERO DE ÁRVORES, ÁREA BASAL E VOLUME POR HA PARA AS CONFIGURAÇÕES DE PARCELA AMOSTRAL.

	Parcela 20m x 100m não estratificada (Tratamento 1)	Parcela 10m x 200m não estratificada (Tratamento 2)	Parcela 10m x 200m Estratificada (Tratamento 3)
DAP Médio	22,78	22,79	23,93
Desvio Padrão	2,0746	3,05	3,29
Coefficiente de Variação (%)	9,1080	13,39	13,74
Número médio de árvores/ha	495	534	515
Desvio Padrão	30,2765	91,96	146,53
Coefficiente de Variação (%)	6,1165	17,23	28,45
Área basal média (m^2/ha)	32,54	36,57	35,10
Desvio Padrão	8,6526	16,87	16,44
Coefficiente de Variação (%)	26,5908	46,14	46,84
Volume médio (m^3/ha)	464,81	526,48	507,32
Desvio Padrão	123,4536	244,83	240,80
Coefficiente de Variação (%)	26,5603	46,50	47,46

Analisando a variabilidade dos dados verifica-se que a configuração de parcela amostral de 10m x 200 m com estratificação apresentou maior coeficiente de variação para estimativa das quatro variáveis.

5.4. ANÁLISE DA EFICIÊNCIA RELATIVA

A eficiência relativa das três configurações do método de amostragem de área fixa foi analisada através do inverso dos produtos dos quadrados dos coeficientes de variação pelos respectivos tempos médios.

Foram realizadas a ANOVA dos resultados de tempos total, apresentados na tabela 13. Os tempos médios de alocação e de medição da parcela, coeficiente de variação e a eficiência relativa das três configurações de parcela amostral testadas são apresentados nas Tabelas 14 e 15, respectivamente.

TABELA 13 - RESULTADO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TEMPO MÉDIO TOTAL.

Variável	F calculado	Valor-P	F tabelado (crítico)
Tempo Médio Total (min)	16,3624 **	0,00100534	4,256495

FONTE: SOFTWARE ESTATÍSTICO ASSISTAT 7.7 BETA.

LEGENDA: ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

Para variável tempo total médio, verifica-se que o valor de F calculado é maior que o valor de F crítico (tabelado) ($16,3624 > 4,256495$), portanto rejeita-se hipótese de nulidade H_0 , ou seja, existem diferenças estatisticamente significativas entre as configurações de parcela testadas na estimativa da variável tempo médio total de execução da parcela. Além disso, verifica-se no resultado da análise de variância (ANOVA) que o valor-p é menor que $\alpha = 0,05$ ($0,00100534 < 0,05$) e que $\alpha = 0,01$ ($0,00100534 < 0,01$), portanto conclui-se que foi significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade (α).

As médias seguidas pela mesma letra (b) não apresentam diferença significativa segundo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Portanto, as médias ($48,12^b$ e $40,84^b$) obtidas para a variável tempo médio total para execução das parcelas com dimensões 10m x 200m não estratificada e estratificada (IFFSC-Piloto), não apresentam diferença significativa. Porém, a média de tempo para execução da parcela com dimensões 20m x 100m ($88,50^a$) apresenta diferença significativa de todos os demais tratamentos.

TABELA 14 - TEMPO MÉDIO EM MINUTOS PARA AS TRÊS CONFIGURAÇÕES DE PARCELA AMOSTRAL.

Configurações de parcela	Tempo médio em minutos		Total (min)
	Alocação	Medição do CAP	
Parcela de 10m x 200 m estratificada	24,35	16,49	40,84 ^b
Parcela de 10m x 200 m não estratificada	24,35	23,77	48,12 ^b
Parcela de 20m x 100 m não estratificada	57,78	30,72	88,50 ^a

O maior tempo total para execução da parcela de 20m x 100m é devido a necessidade de maior tempo para alocação da parcela em campo, pois há necessidade de implantação de picadas laterais, além da picada central.

Os resultados obtidos mostram que a configuração de parcela amostral 10m x 200m estratificada, aplicada no IFFSC – Piloto apresentou menor tempo médio de alocação e medição, quando comparado com as demais configurações de parcela amostral. Isto se deve ao fato de, pela estratificação da parcela em classes de DAP evitou-se uma super amostragem de indivíduos de classes diamétricas com alta densidade presentes na parcela.

TABELA 15 - EFICIÊNCIA RELATIVA COMPARADA PARA AS TRÊS CONFIGURAÇÕES DE PARCELA AMOSTRAL.

Configurações de parcela	Tempo médio (min.)	DAP Médio (cm)		Nº de árvores (ha)		Área Basal (m²/ha)		Volume (m³/ha)	
		CV%	ER	CV%	ER	CV%	ER	CV%	ER
Parcela de 10 m x 200m estratificada	40,84	13,74	1,2977	28,45	0,3024	46,84	0,1116	47,46	0,1087
Parcela de 10 m x 200m não estratificada	48,12	13,39	1,1582	17,23	0,7001	46,14	0,0976	46,50	0,0961
Parcela de 20m x 100m não estratificada	88,50	9,11	1,3621	6,12	3,0203	26,59	0,1598	26,56	0,1602

A maior eficiência relativa observada entre as três configurações de parcela amostral foi a de dimensões de 20m x 100m não estratificada, para a estimativa de todas as variáveis estudadas.

A maior eficiência da configuração de parcela amostral de 20m x 100 m deve-se principalmente ao baixo coeficiente de variação. Apesar da configuração de parcela amostral de 10m x 200 m estratificada apresentar o menor tempo de alocação e medição, entretanto, foi a que apresentou o maior coeficiente de variação, afetando o resultado de sua eficiência relativa. Isso se confirma no

trabalho de Silva (1980), em que entre as parcelas amostrais retangulares, as de 20 metros de largura foram superiores às de 10 metros.

Cabe ressaltar que os altos resultados de coeficiente de variação estão intimamente ligados à baixa intensidade amostral realizada neste experimento.

A parcela amostral de área fixa retangular de 20 metros de largura também é utilizada comumente na Amazônia, pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), no tamanho de 2500 m² (20m x 125m) para as categorias de DAP mínimos de 10 cm, 20 cm e 25 cm.

Oliveira (2014) em seu estudo na Amazônia Central concluiu que os tamanhos de parcelas que propiciaram melhores resultados foram 1000 m² (20m x 50m), 800 m² (20 m x 40m), 1200 m² (20m x 60m), 2000 m² (20m x 100m) e 10.000 m² para as categorias de diâmetros (DAP) mínimos de 5 cm, 10 cm, 20 cm, 25 cm e 45 cm, respectivamente. Além disso, que os inventários florestais na Amazônia podem ser realizados com parcelas que variam de 2000 m² até 3600 m² com uma boa margem de segurança, para as categorias de DAP mínimo maior ou igual a 10 cm, 20 cm e 25 cm.

Higuchi, Santos e Jardim (1982) concluíram que, para DAP \geq 25 cm, a melhor parcela é a de 37,5m x 150m (5625 m²), porém, parcelas a partir de 3000 m² possuem pouco ganho de precisão, não justificando o custo/benefício. Comparando os resultados destes autores com o estudo de Oliveira (2014) é possível concluir que parcelas entre 2000 m² e 3000 m² são as mais recomendáveis para inventários florestais na Amazônia com DAP \geq 25 cm.

Ogaya (1968), citado por Ubialli (2009), afirma que a abertura de picadas e os deslocamentos de pessoal representam acréscimo nos custos dos levantamentos em florestas tropicais. Por essa razão e considerando que a escolha do tamanho da parcela é um compromisso entre a teoria estatística, as condições práticas mais favoráveis de trabalho e os custos, recomenda o emprego de parcelas retangulares com 20 m de largura e 100 a 125 m de comprimento, portanto corroborando com o resultado deste trabalho.

5.5. PARÂMETROS POR HECTARE DO CENSO FLORESTAL

Neste item são apresentados os resultados para população obtidos com base no censo florestal realizado em 2014 pela EMBRAPA, onde foram mensurados todos os indivíduos arbóreos a partir de 35 cm de DAP.

A área total inventariada a 100% (63 hectares) revelou, para árvores com $DAP \geq 35,0$ cm, os seguintes resultados apresentados na tabela 16.

TABELA 16 - RESULTADOS DOS VALORES PARAMÉTRICOS (“REAIS”) PARA POPULAÇÃO E POR HECTARE, CONSIDERANDO $DAP \geq 35$ CM.

Variáveis	Valor Real
População (63 hectares)	
DAP médio (cm)	57,85
Número de árvores total	3063
Volume total com casca (m^3)	12.410,49
Por Hectare	
Número de árvores/ha	49
Área basal ($m^2 \cdot ha^{-1}$)	14,59
Volume comercial com casca ($m^3 \cdot ha^{-1}$)	196,99

FONTE: EMBRAPA (2014).

Conforme descrito por IBAMA (2004), no período entre março de 1973 a setembro de 1975, o Projeto Radambrasil empreendeu o levantamento dos recursos naturais na região do Baixo Amazonas, cobrindo uma área de 295.156 km^2 . A amostragem adotada nos inventários seguiu critério acidental estratificado, com unidade amostral padronizada em formato retangular e área de 10 mil m^2 . As medições consideraram todos os indivíduos com circunferência superior a 100 cm (ou aproximadamente $DAP \geq 32$ cm). Na região do Baixo Amazonas, o inventário da vegetação amostrou 56 unidades na sub-região de Baixos Platôs da Amazônia e 5 unidades na sub-região do Alto Platôs do Rio Xingu e Tapajós, ambas sub-regiões identificadas na Flona do Tapajós. Deste conjunto de pontos amostrais, oito unidades foram distribuídas ao longo da BR 163 sendo cinco delas dentro da área da Flona, portanto, próximos da área de estudo deste trabalho.

Os valores médios por hectare de volume de madeira, número de espécies e número de indivíduos amostrados em cada uma das unidades instaladas pelo Projeto Radambrasil na área da Flona estão descritos no quadro 1.

QUADRO 1 - VOLUME, NÚMERO DE ÁRVORES E NÚMERO DE ESPÉCIES EM FLORESTA TROPICAL DENSE REGISTRADOS PELO LEVANTAMENTO RADAMBRASIL EM CINCO AMOSTRAS LOCALIZADAS DA FLONA DO TAPAJÓS.

Sub-Região Ecológica	No. da amostra	Local aprox.	Volume (m ³ /ha)		No. arv/ha	No. sp/ha
			s/ casca	c/ casca		
Baixos Platôs da Amazônia	112	km 141	96,242	103,645	50	23
	113	km 83	246,59	265,558	74	37
	Média		171.416	184.602	62	30
Altos Platôs dos Rios Xingu/Tapajós	114	km 75	160,834	173,206	64	38
	115	km 50	131,488	141,602	52	33
	118	km 117	335,453	361,256	94	43
	Média		209.258	225.355	70	38
Média para amostras na FLONA			194,121	209,053	67	35
Erro padrão			43.21	46.53	8.06	3.35

FONTE: IBAMA (2004), organizado a partir de dados do RADAMBRASIL (1976).

Analisando o quadro 1, verifica-se que o resultado obtido no censo florestal (2014) para volume com casca considerando o componente arbóreo com DAP \geq 35,0 cm (196,99 m³/ha) se aproximou da média obtida pelo levantamento Radambrasil em 1976 para o componente arbóreo com DAP \geq 32,0 cm (184,602 m³/ha). Esta pequena diferença observada entre os volumes pode ser devido a diferença de anos entre os levantamentos citados.

Considerando que o diâmetro mínimo de corte (DMC) estabelecido para espécies comerciais manejadas na Amazônia é de 50,0 cm (IN 5), obteve-se a partir dos dados da área total inventariada a 100% (63 hectares) os resultados apresentados na tabela 17, para árvores com DAP \geq 50,0 cm.

TABELA 17 - RESULTADOS DOS VALORES PARAMÉTRICOS (REAIS) PARA POPULAÇÃO E POR HECTARE, CONSIDERANDO DAP \geq 50 CM.

Variáveis	Valor do Censo
População (63 hectares)	
DAP médio (cm)	72,25
Número de árvores total	1613
Volume total (m ³)	9896,82
Por Hectare	
Número de árvores/ha	26
Área basal (m ² .ha ⁻¹)	11,40
Volume (m ³ .ha ⁻¹)	157,09

FONTE: EMBRAPA (2014).

5.6. COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES ESTIMADOS PELAS CONFIGURAÇÕES DE PARCELAS TESTADAS E OS VALORES PARAMÉTRICOS DO CENSO FLORESTAL

Após o cálculo dos parâmetros das variáveis de interesse da floresta com base no censo e das estimativas desses mesmos parâmetros com base nas configurações de parcelas testadas, foi determinada a diferença entre o valor do parâmetro e seu respectivo valor estimado. Esta comparação direta possibilitou a determinação do erro real (Er) que se obtém ao medir apenas parte da população, como é o caso quando se usa amostragem. Estes resultados estão apresentados na tabela 18.

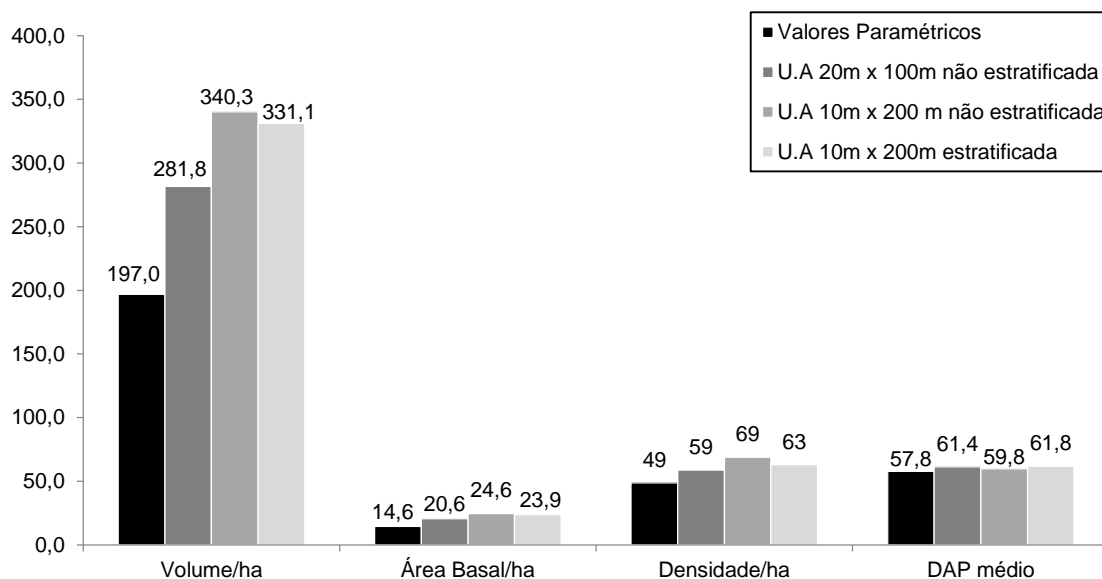
A figura 19 apresenta a comparação entre as variáveis estimadas pelas três configurações de parcela amostral testadas, com os valores obtidos pelo censo, para os indivíduos com DAP ≥ 35 cm (devido no censo o DAP mínimo de medição ser este).

TABELA 18 - ERROS REAIS OBTIDOS PELAS PARCELAS TESTADAS, PARA ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS CONSIDERANDO DAP ≥ 35 CM.

	V (m³/ha)	Er (%)	G (m²/ha)	Er (%)	N (Árv./ha)	Er (%)	DAP médio	Er (%)
Parâmetro	196,99	0	14,59	0	49	0	57,85	0
Parcela 10 m x 200m estratificada	331,07	68,06	23,89	63,74	63	28,57	61,83	6,88
Parcela 10 m x 200m não estratificada	340,28	72,74	24,61	68,68	69	40,82	59,81	3,39
Parcela 20m x 100m não estratificada	281,76	43,03	20,61	41,26	59	20,41	61,36	6,07

Embora as análises estatísticas realizadas não tenham identificado diferenças significativas entre as três configurações de métodos de amostragem comparadas para as médias estimadas de volume, as diferenças identificadas de volume/ha mostram uma superestimação dos valores estimados pelos métodos amostrais em comparação ao valor paramétrico do censo, que em termos percentuais corresponde em 43,03% pela parcela 20 m x 100 m não estratificada, 68,06% pela parcela 10 m x 200 m estratificada e 72,74% pela parcela 10 m x 200 m não estratificada (Tabela 18).

FIGURA 19 - COMPARAÇÃO ENTRE AS ESTIMATIVAS DAS VARIÁVEIS DE INTERESSE OBTIDAS PELAS PARCELAS AMOSTRAIS TESTADAS E OS VALORES PARAMÉTRICOS.



Analisando a figura 19, verifica-se que as três configurações de unidade de amostra testadas, sob o ponto de vista das médias, superestimaram os valores obtidos no censo florestal para as variáveis DAP médio, número de árvores por ha, área basal por ha e volume por ha, para os indivíduos com DAP ≥ 35 cm, porém os menores erros reais (desvios) foram obtidos para as estimativas da variável DAP médio, que em termos percentuais corresponde em 6,07% pela parcela 20m x 100m não estratificada, 6,88% pela parcela 10 m x 200 m estratificada e 3,39% pela parcela 10 m x 200 m não estratificada (Tabela 18).

No entanto, observa-se que a configuração de parcela amostral de 20 m x 100 m sem estratificação apresentou menor superestimação para estimativa das variáveis volume/ha, área basal/ha e número de árvores/ha quando comparada as configurações de parcela amostral de 10 m x 200 m estratificada e não estratificada.

A estimativa da variável DAP médio apresentou melhor resultado ao utilizar a parcela de 10 m x 200 m não estratificada, que apresentou erro real de 3,39%, portanto se aproximando do valor paramétrico (57,85).

Com o intuito de definir a configuração de amostragem mais precisa na estimativa do estoque comercial disponível (m^3/ha) para indivíduos arbóreos de DAP ≥ 50 cm para aplicação em inventários florestais na UMF (Unidade de Manejo Florestal) realizados na etapa elaboração do plano de manejo florestal, apresenta-se na tabela 19 a comparação entre as variáveis estimadas pelas três configurações de

parcela amostral testadas com os valores obtidos pelo censo para volume/ha, para os indivíduos com DAP ≥ 50 cm.

TABELA 19 - ERROS REAIS OBTIDOS PELAS PARCELAS TESTADAS, PARA ESTIMATIVAS DE VOLUME POR HECTARE CONSIDERANDO DAP ≥ 50 CM.

Variáveis	Censo	Parcela 20m x 100m não estratificada	Parcela 10m x 200m não estratificada	Parcela 10m x 200m estratificada
Volume (m ³ /ha)	157,09	243,68	289,28	285,03
Er (%)	0	55,12	84,15	81,44

Analisando a tabela 19, as três configurações de parcela amostral, sob o ponto de vista das médias, superestimaram o valor real obtido no censo florestal.

No entanto, para volume total (m³.ha⁻¹) a que mais se aproximou do valor real foi o valor médio estimado pela unidade de amostra 20 m x 100 m não estratificada (243,68), porém apresentando um erro real de 55,12%.

Devido a baixa intensidade amostral realizada nesta pesquisa (4 parcelas ou repetições por configuração), os resultados das estimativas das variáveis comparadas com a do censo para o número de árvores por ha, área basal (m².ha⁻¹) e volume total (m³.ha⁻¹), apresentaram erros elevados, o que já era esperado.

6. CONCLUSÕES

Com base nas análises comparativas dos resultados das três configurações de parcela testadas para as condições da floresta estudada, conclui-se que:

- A parcela amostral retangular com dimensões de 20 m x 100 m não estratificada obteve resultados de eficiência relativa superiores para as estimativas de todas as variáveis paramétricas estudadas.
- As três configurações de parcela amostral testadas superestimaram os valores médios das variáveis DAP médio, número de árvores por ha, área basal por ha e volume por ha, quando comparadas com as do censo florestal, para os indivíduos com DAP ≥ 35 cm. No entanto, pode-se observar que a configuração de parcela amostral de 20 m x 100 m sem estratificação apresentou menor superestimação para estimativa das variáveis volume/ha, área basal/ha e número de árvores/ha quando comparada as configurações de parcela amostral de 10 m x 200 m estratificada e não estratificada. A estimativa da variável DAP médio apresentou melhor resultado para a parcela de 10 m x 200 m não estratificada.
- A configuração de parcela amostral de 20 m x 100 m sem estratificação apresentou menor superestimação para estimativa do volume/ha, para os indivíduos arbóreos com DAP ≥ 50 cm.
- Na estimativa do volume total (m^3/ha), para os indivíduos com DAP ≥ 50 cm, a configuração que mais se aproximou do valor do censo foi a parcela amostral 20 m x 100 m não estratificada.
- A Anova para as três configurações testadas, nas estimativas das variáveis DAP médio, número de árvores por ha, área basal por ha e volume por ha foi não significativo (H_0).

- Apesar de a configuração de parcela 10 m x 200 m estratificada (IFFSC-Piloto, 2005), apresentar maior coeficiente de variação, não houve diferenças estatisticamente significativas nas estimativas das variáveis DAP médio, número de árvores, área basal e volume por ha, entre as configurações testadas, desta forma, devido a sua praticidade de execução, bem como do menor tempo consumido na medição e alocação das parcelas (menos da metade do tempo consumido pela configuração de parcela 20 m x 100 m), pode-se considerar que é a configuração de melhor custo-benefício. Diante disso, conclui-se que a configuração de parcela desenvolvida para o IFFSC-Piloto (2005) é viável de aplicação em áreas de Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme na Amazônia Oriental.

7. RECOMENDAÇÕES

- Recomenda-se que novas pesquisas sejam conduzidas para essas três configurações de métodos de amostragem, utilizando-se de uma maior intensidade amostral;
- Testar como a metodologia do IFFSC-Piloto (2005) se comporta para espécies comerciais;
- Comparar a eficiência relativa entre o Sistema de Inventário Florístico Florestal desenvolvido para o estado de Santa Catarina (IFFSC-Piloto, 2005) com o Sistema de Inventário Florestal Nacional (unidade amostral em conglomerados em cruz), nos levantamentos florístico e estrutural da Floresta Amazônica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL NETO, M.; ROSY NAVA, F.; FERNANDEZ, K. **Manejo Florestal Comunitário na Amazônia Brasileira, Avanços e perspectivas para a conservação florestal**. SFB, 2007. 20 p.

ANDRADE, D.F.; GAMA, J. R. V.; MELO, L. O.; RUSCHEL, A. R. Inventário florestal de grandes áreas na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Amazônia, Brasil. **Biota Amazônia**. Macapá, v. 5, n. 1, p. 109-115, 2015.

ARAÚJO, H. J. B. Inventário florestal a 100% em pequenas áreas sob manejo florestal madeireiro. **Acta Amazônica**, v.36, n.4, p.447-464, 2006.

AVERY, T. E.; BURKHART, H. **Forest measurements**. New York, McGraw-Hill Book Company, 1983. 331 p.

BONETES, L. **Tamanho de parcelas e intensidade amostral para estimar o estoque e índices fitossociológicos em uma Floresta Ombrófila Mista**. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

BRAGA, P.I.S. Subdivisão fitogeográfica, tipos de vegetação, conservação e inventário florístico da Floresta Amazônica. **Acta Amazonica**. Supl., Manaus, v. 9, n. 4, p. 53-80, 1979.

BRASIL. Lei Nº 9.985, de 18 de Julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, 2000. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 19 de Julho de 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm> Acesso em: 03 ago 2016.

BRASIL. MMA – Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 5, 11 de dezembro de 2006a. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável – PMFS nas florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia Legal, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Seção 1, 13 de dezembro de 2006a.

BRASIL. Lei nº 11.284, de 02 de março de 2006b. Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro – SFB; cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal – FNDF; altera as Leis nos 10.683, de 28 de maio de 2003, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, 4.771, de 15 de setembro de 1965, 6.938, de 31 de agosto de 1981, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 de março de 2006b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11284.htm> Acesso em: 02 abril 2016.

BRASIL. IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Norma de Execução nº 1, de 24 de abril de 2007. Altera as normas técnicas para o manejo florestal na Amazônia. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 83, 2 de maio de 2007. Seção 1. p.91.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 de maio de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm> Acesso em: 02 ago 2016.

BRENA, D. A. **Inventário florestal nacional: proposta de um sistema para o Brasil**. 226 p. Tese (Doutor em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 407p.

CARVALHO, J.O.P. de. **Análise estrutural da Regeneração Natural em Floresta Tropical Densa na Região do Tapajós Estado do Pará**. 63 f. Curitiba, Paraná. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1982.

CARVALHO, J. O. P. de; YARED, J. A. G. (Eds.) **A silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do projeto Embrapa/DFID**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/DFID, 2001. p.339-352.

CAVALCANTI, F. J. B.; MACHADO, S. A.; HOSOKAWA, R.T. Tamanho de unidade de amostra e intensidade amostral para espécies comerciais da Amazônia. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n.1, p. 207-214, 2009.

CUNHA, U. S. **Análise da estrutura espacial horizontal de uma floresta de terra firme da Amazônia**. 2003. 126p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

DRUSZCZ, J. P.; NAKAJIMA, N. Y.; PÉLLICO NETTO, S.; YOSHITANI JÚNIOR, M. Comparação entre os métodos de amostragem de Bitterlich e de área fixa com parcela circular em plantação de *Pinus taeda* L. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 4, p. 739-754, out./dez. 2010.

DUBOIS, J. **Preliminary forest management guidelines for the National Forest of Tapajós**. Belém: FAO/PRODEPEF Northern Region, 1976. 41p.

FAO. **Global Forest Resources Assessment 2015: How have the world's forests changed?** Rome, 2015.

FELFILI, J. M.; CARVALHO F. A. & HAIDAR R. F. **Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas cerrado e pantanal**, – Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2005, 60 p.

FERREIRA-NETO, P. S. **Projeto Ambé: manejando a floresta e colhendo conhecimentos**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008. 85 p.

FREESE, F. **Elementary forest sampling**. Washington: Forest Service, Agriculture Handbook, n. 232, 1962. 91 p.

GAMA, J. R. V. et al. Estrutura potencial futuro de utilização da regeneração natural de floresta de várzea alta no Município de Afuá, Estado do Pará. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 2, p. 71-83, 2003.

GOMIDE, G. L. A. **Estrutura e dinâmica de crescimento de florestas tropicais primária e secundária no Estado do Amapá**. 179 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

GREGOIRE, T. G.; STÅHL, G.; NAESSET, E.; GOBAKKEN, T.; NELSON, R.; HOLM, S. Model-assisted estimation of biomass in a lidar sample survey in Hedmark County, Norway. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 41, p. 83–95, 2011.

HERNANDEZ FILHO, P. et al. **Relatório final do projeto de inventário florestal na Floresta Nacional do Tapajós**. São José dos Campos: INPE, 1993. 126p.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; JARDIM, F. C. S. Tamanho de parcela amostral para inventários florestais. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 12, n. 1, p. 91-103, 1982.

HIGUCHI, N. Amostragem sistemática versus amostragem aleatória em florestas tropical úmida de terra firme na região de Manaus. **Acta Amazônica**, v. 16/17, n. único, p. 393-400, 1986.

HIGUCHI, N. et al. **Noções Básicas de Manejo Florestal**. Manaus: [s.n.], v. 1, 2008.

HIGUCHI, N.; DOS SANTOS, J.; LIMA, A. J. N. **Biometria florestal**. Manaus: [s.n.], v. 1, 2008.

HIGUCHI, N.; CARVALHO JR., J.A. **Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia**. Anais do Seminário “Emissões versus Sequestro de CO₂: Uma Nova Oportunidade de Negócios para o Brasil”. Companhia Vale do Rio Doce. 127p. 1994.

HUSCH, B.; MILLER, C.I. & BEERS, T.W. **Forest mensuration**. New York, Ronald Press, 410p. 1971.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest Mensuration**. 2. ed. New York, The Ronald Press Company, 1972. 410 p.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. 3.ed. Malabar: Krieger Publishing Company, 1993. 402 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Floresta nacional do Tapajós: plano de manejo**. Brasília, 2004. 373 p.

KÖHL, M.; MAGNUSSEN, S.; MARCHETTI, M. **Sampling methods, remote sensing and GIS multiresource forest inventory**. London: Springer, 2006. (Tropical forestry).

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**. Eschborn : GTZ, 1990. 343 p.

LEITÃO FILHO, H. F. Considerações sobre a florística de florestas tropicais e subtropicais do Brasil. **IPEF**, v. 35, n.35, p. 41-46, 1987.

LEITE, H. G.; ANDRADE, V. C. L. Um método para condução de inventários florestais sem o uso de equações volumétricas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 321-328, 2002.

LOETSCH, F.; ZOHRER, F.; HALLER, K,E, **Forest Inventory**, München: BLV, 1964, v,1, 436p.

LOETSCH, F.; ZOEHRER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Munchen: BVL, v.2, 1973. 469p.

MACHADO, S. A. Complete enumeration forest inventory versus cluster sampling method applied in the amazonic rain forest. **Revista Floresta**, v.18, n.1-2, p.122-130, 1988.

MARMILLOD, D. **Methodik und Ergebnisse von Untersuchungen über Zusammensetzung und Aufbau eines Terrassenwaldes im peruanischen Amazonien**. Diss. Göttingen , 1982.

MASSAROTH, C. M. **Comparação da Eficiência Relativa Paramétrica e de Índices Fitossociológicos entre dois Sistemas de Inventários Florestais na Floresta Ombrófila Mista no Estado de Santa Catarina**. 117 f. Curitiba, Paraná. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

MAZZEI, L.; RUSCHEL, A. Estoque comercial para o segundo ciclo de corte na Floresta Nacional do Tapajós - área experimental KM 67 - Embrapa. In: SEMINÁRIO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS DA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, 2., 2014, Santarém. **Anais...** Santarém: Instituto Chico Mendes, 2014. p. 161-166.

MELLO, J. M. **Análise comparativa de procedimentos amostrais em um remanescente de floresta nativa no município de Lavras**. 1995. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

NAESSET, E.; GOBAKKEN, T.; BOLLANDSÅS, O. M.; GREGOIRE, T. G.; NELSON, R.; STÅHL, G. Comparison of precision of biomass estimates in regional field sample surveys and airborne LiDAR-assisted surveys in Hedmark County, Norway. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 130, p. 108–12, 2013.

NAKAJIMA, N. Y. **Comparison of four ground - survey methods when used as permanent samples in the continuous forest inventory for forest management**. 91 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – The United Graduate School of Agricultural Sciences, Kagoshima University, Kagoshima, 1997.

NAKAJIMA, N. Y. Sistema de Inventário Florístico-Florestal de SC. In: VII Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal, 2006, Curitiba. Aplicações de geotecnologias na Engenharia Florestal, 2006. p. 443-451.

NASH, A.J.; ROGERS, B. **Inventory and evaluation of the forest resources in the state of Pará**. Belém, IDESP-USAID, 1975. 188 p.

NYSSONEN, A. **Inventory for Amazonian forestry development**. Brasília: FAO, 1978, 37p, (Technical Report, v, 8).

ODA-SOUZA, M.; BATISTA, J. L. F.; RIBEIRO JUNIOR, P. J.; RODRIGUES, R. R. Comparação das estruturas de continuidade espacial em quatro formações florestais do Estado de São Paulo. **Floresta**, Curitiba, n. 3, p. 512-522, 2010.

OGAYA, N. **Kubierungsformeln und Bestandesmassenformeln**. Inaugural-Dissertation - Univ., Nat.-Math.Fak, Freiburg, 1968. 85 p.

OLIVEIRA, A. A. Inventários quantitativos de árvores em matas de terra firme: histórico com enfoque na Amazonia brasileira. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 30, p. 543-567, 2000.

OLIVEIRA, A. N. e AMARAL, I. L. Florística e fitossociologia de uma floresta de vertente na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 34, n. 1, p. 21-34, 2004.

OLIVEIRA, M. M. D. **Tamanho e forma de parcelas para inventários florestais de volume de madeira e estoque de carbono de espécies arbóreas da Amazônia Central**. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2010.

OLIVEIRA, M. M.; HIGUCHI, N.; CELES, C. H.; HIGUCHI, F. G. Tamanho e Formas de Parcelas para Inventários Florestais de Espécies Arbóreas na Amazônia Central. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 645-653, jul.-set., 2014.

OLIVEIRA, G. S. **Avaliação do método de quadrantes na estimativa de variáveis quantitativas em planos de manejo na Amazônia**. 50p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Instituto de Florestas, Departamento de Silvicultura, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2015.

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. **Inventário florestal**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1997. 316 p.

PIMENTEL GOMES, F. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.23, n.9, p. 951-956, set. 1988.

QUEIROZ, W. T. Efeitos da variação estrutural em unidade amostral na aplicação do processo de amostragem em conglomerados nas florestas do Planalto do Tapajós. **Floresta**, Curitiba, v. 8, n. 1, p.19-23, 1977.

RADAMBRASIL, P. Folha S/A 21-Santarém. **Levantamento dos Recursos Naturais**, v.10. Rio de Janeiro: DNPM, 1976.

RADAMBRASIL, P. **Mapa Fitoecológico** - Folha SA.21 - Santarém. Rio de Janeiro, 1976.

RADAMBRASIL. **FOLHA SA.21- Santarém**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1976.

RIBEIRO, J. E. L da S.; HOPKINS, M. J. G.; VICENTINI, A.; SOTHERS, C. A.; COSTA, M. A. da S.; BRITO, J. M. de; SOUZA, M. A. D. de; MARTINS, L. H. P.; LOHMANN, L. G.; ASSUNÇÃO, P. A. C. L.; PEREIRA, E. da C.; SILVA, C. F. da; MESQUITA, M. R.; PROCÓPIO, L. C. **Flora da Reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central**. Manaus: INPA. p. 816, 1999.

ROTH, P. et al. **Manual do técnico Florestal**. Rio Branco: [s.n.], 2009.

SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; CÔRTE, A. P. D.; FERNANDES, L. A. V.; SIQUEIRA, J. D. P. **Inventários florestais: planejamento e execução**. 2. ed. Curitiba: Multi-Graphic, 2009. 316 p.

SAR. Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de Santa Catarina. 2005. Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina. **Relatório do Projeto Piloto**. Florianópolis. SAR (mimeo).

SCHREUDER, H. T.; GREGOIRE, T. G.; WOOD, G. B. **Sampling methods for multiresource forest inventory**. New York, 1992.

SCOLFORO, J. R. S.; CHAVES, A. L.; MELLO, J. M. Definição de tamanho de parcela para inventário florestal em floresta semidecídua montana. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7.; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS, 1993. p. 333-337.

SCOLFORO, J. R.S. e MELLO, J.M. **Inventário Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 344p.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. de. **Inventário Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006. 561p.

SFB. **Florestas do Brasil em Resumo: Dados de 2005-2009**. Ministério do Meio Ambiente, 2009. 119 p.

SFB. **Florestas do Brasil em Resumo: Dados de 2005-2010**. Ministério do Meio Ambiente, 2010. 152 p.

SFB. **Florestas do Brasil em resumo - 2013: dados de 2007-2012**. Brasília: SFB, 2013. 188 p.

SILVA, L. B. X. de. Tamanhos e formas de unidades de amostras em amostragem aleatória e sistemática para florestas plantadas de *Eucalyptus Alba* Rewien. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 13-18, 1977.

SILVA, J. N. M. **Eficiência de diversos tamanhos e formas de unidades de amostras aplicadas em inventário florestal na região do Baixo Tapajós**. 83p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.

SILVA, J.N.M.; ARAÚJO, S.M.; Equação de volume para árvores de pequeno diâmetro, na Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.16-25. 1984.

SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P. de; LOPES, J do. C.A.; CARVALHO, M.S.P. de. Equação de volume para a Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.8-9, p.50- 63, 1984.

SILVA, J. N. M. et al. Inventário florestal em uma área experimental na Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 10/11, p.38-110, 1985.

SILVA, J.N.M. **The behaviour of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging**. 1989. 302p. Thesis (Ph.D.) - University of Oxford, Oxford, 1989.

SILVA, J. N. M.; de CARVALHO, J. O. P.; LOPES, J. C. A.; de OLIVEIRA, R. P., de OLIVEIRA, L. C. Growth and yield studies in the Tapajós region, Central Brazilian Amazon. **Commonwealth Forestry Review**, Oxford, GB, v. 75, n. 4, p. 325–329, 1996.

SILVA, J. N. M. Manejo de Florestas de Terra-Firme da Amazônia Brasileira. In: CURSO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL,1., Curitiba. **Tópicos em Manejo Florestal Sustentável**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. p. 59-95. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 34).

SILVA, V. S. M. **Manejo de Florestas Nativas: planejamento, implantação e monitoramento**. (Apostila de aula), Cuibá, 2006.

SOARES, V. P. **Eficiência relativa de tamanhos e de formas de unidades de amostra em plantações de Eucalyptus grandis de origem híbrida, na região de**

Bom Despacho, Minas Gerais. Viçosa, 1980. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa.

SOARES, C.P.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A.L. **Dendrometria e inventário florestal.** Ed. UFV, Viçosa, Minas Gerais, 2006. 276pp.

SOUZA, D. R. et al. Análise estrutural em Floresta Ombrófila densa de terra firme não-explorada, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, v.30, n.1, p.75-87, 2006.

SPURR, S, H. **Forest Inventory**, New York: Ronald Press, 1971, 476 p.

STÅHL, G.; HOLM, S.; GREGOIRE, T. G.; GOBAKKEN, T.; NAESSET, E.; NELSON, R. Model-based inference for biomass estimation in a Lidar sample survey in Hedmark County, Norway. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 41, p. 96–107, 2011.

STERBA, H. **Holzmesslehre.** Wien: Inst. f. Forstl. Ertragslehre der Univ. f. Bodenkultur, 1986. 169p.

UBIALLI, J. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S. A.; ARCE, J. E. Comparação de métodos e processos de amostragem para estudos fitossociológicos em uma floresta ecotonal na região norte mato-grossense. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 3, p. 511-523, 2009.

VELOSO, H. P. *et al.* **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal.** Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

VERISSÍMO, A., UHL, C., MATTOS, M., BRANDINO, Z. Y VIEIRA I. 1996. **Impactos sociais, econômicos e ecológicos da exploração seletiva de madeiras numa região de fronteira na Amazônia Oriental: o caso de Tailândia.** (Eds) Barros e Veríssimo. A Expansão da Atividade Madeireira na Amazônia. Imazon. pp 9-44.

WULDER, M. A.; WHITE, J. C.; NELSON, R. F.; NÆSSET, E.; ØRKA, H. O.; COOPS, N. C.; HILKER, T.; BATER, C. W.; GOBAKKEN, T. Lidar sampling for large-area forest characterization: a review. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 121, p. 196–209, 2012.

ZILLER, S. R. **Análise fitossociológica de caxetais.** Curitiba, 1992. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

APÊNDICE 1 – RESULTADO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA VOLUME POR HECTARE, CONSIDERANDO DAP \geq 10 CM.

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F calculado	Valor-P	F crítico
Tratamentos	7973.42333	2	3986.71167	0.0898 ns	0,914911091	4,256495
Resíduo	399501.73573	9	44389.08175			
Total	407475.15906	11				

FONTE: *SOFTWARE* ESTATÍSTICO ASSISTAT 7.7 BETA E *MICROSOFT* EXCEL.

LEGENDA: ns = não significativo ($p > 0,05$).

APÊNDICE 2 – RESULTADO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ÁREA BASAL POR HECTARE, CONSIDERANDO DAP \geq 10 CM.

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F calculado	Valor-P	F crítico
Tratamentos	33.26643	2	16.63322	0.0792 ns	0,924477987	4,256495
Resíduo	1889.77855	9	209.97539			
Total	1923.04498	11				

FONTE: *SOFTWARE* ESTATÍSTICO ASSISTAT 7.7 BETA E *MICROSOFT* EXCEL.

LEGENDA: ns = não significativo ($p > 0,05$).

APÊNDICE 3 – RESULTADO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DENSIDADE POR HECTARE, CONSIDERANDO DAP \geq 10 CM.

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F calculado	Valor-P	F crítico
Tratamentos	3004.16675	2	1502.08338	0.1463 ns	0,865908927	4,256495
Resíduo	92402.09667	9	10266.89963			
Total	95406.26342	11				

FONTE: *SOFTWARE* ESTATÍSTICO ASSISTAT 7.7 BETA E *MICROSOFT* EXCEL.

LEGENDA: ns = não significativo ($p > 0,05$).

APÊNDICE 4 – RESULTADO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DAP MÉDIO, CONSIDERANDO DAP \geq 10 CM.

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F calculado	Valor-P	F crítico
Tratamentos	3,527638	2	1,763819	0,216556 ns	0,809364	4,256495
Resíduo	73,30376	9	8,144862			
Total	76,8314	11				

FONTE: *SOFTWARE* ESTATÍSTICO ASSISTAT 7.7 BETA E *MICROSOFT* EXCEL.

LEGENDA: ns = não significativo ($p > 0,05$).

**APÊNDICE 5 – RESULTADO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TEMPO MÉDIO
TOTAL.**

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F calculado	Valor-P
Tratamentos	5273.94482	2	2636.97241	16.3624 **	0,00100534
Resíduo	1450.44053	9	161.16006		
Total	6724.38534	11			

FONTE: *SOFTWARE* ESTATÍSTICO ASSISTAT 7.7 BETA.

LEGENDA: ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).